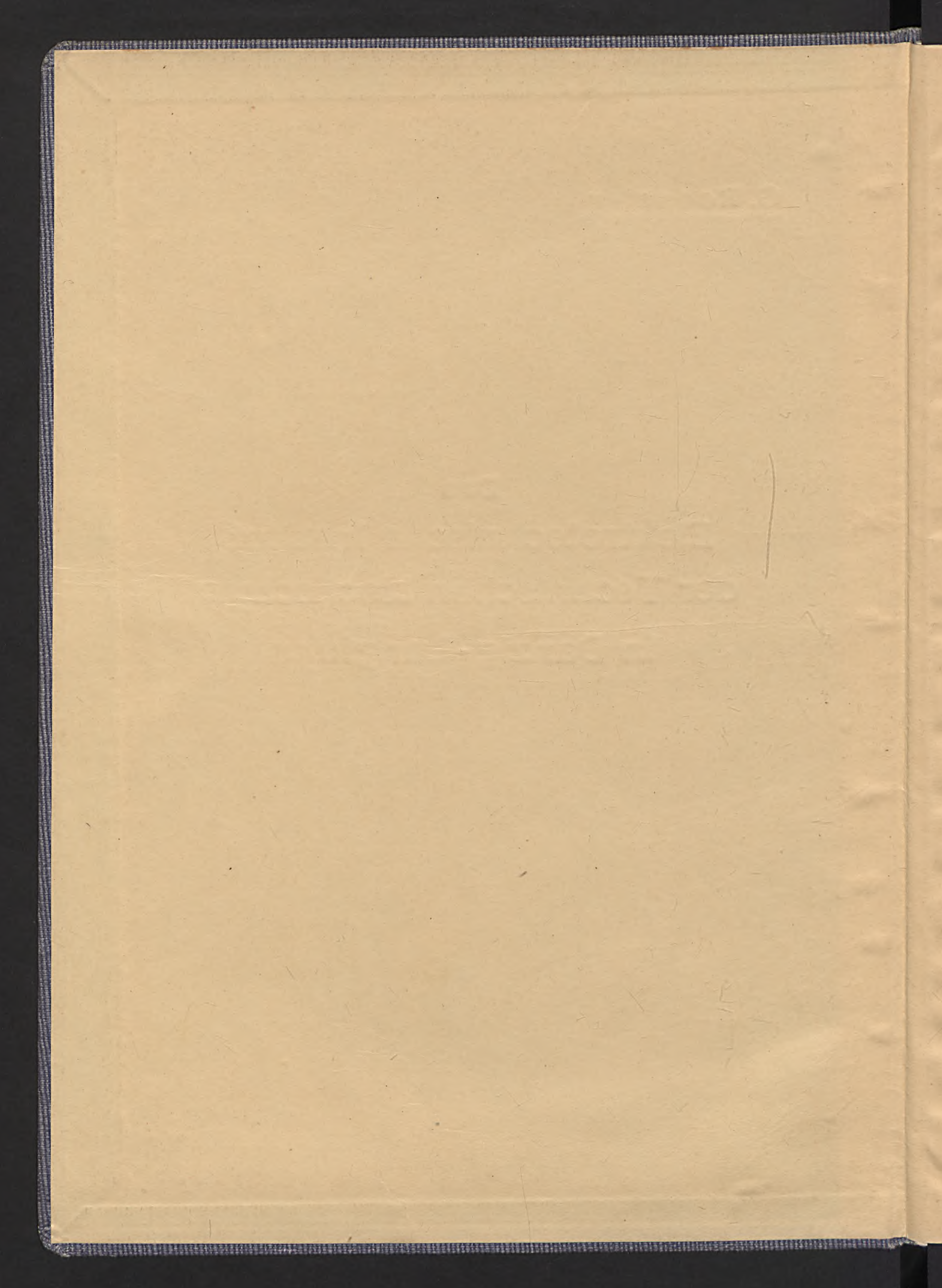
G. Roessler

Das Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule in Danzig-Langfuhr







Das Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule in Danzig-Langfuhr.

Von

G. Roessler.



Sonderabdruck aus der

ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

1909. Heft 47, 48 u. 50.

(Verlag von Julius Springer in Berlin.)

Sonderabdruck aus der
ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT
1909. Heft 47, 48 u. 50.

Das Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule in Danzig-Langfuhr.

Von **Prof. Dr. Roessler**, Direktor des Instituts.

I. Allgemeines.

Im Frühjahr 1898 wurde der Verfasser von dem Herrn Kultusminister beauftragt, eine Denkschrift über die Errichtung eines Elektrotechnischen Instituts an der geplanten Technischen Hochschule in Danzig auszuarbeiten. Auf Grund dieser Arbeit wurde beschlossen, für das Institut ein besonderes Gebäude zu errichten, dessen Bauleitung dem damaligen Landbauinspektor Carsten übertragen wurde. In den Jahren 1900 bis 1904 wurde von dem genannten der Bau und vom Verfasser die innere Einrichtung im gegenseitigen Einverständnis hergestellt. Die Eröffnung erfolgte mit der Eröffnung der Hochschule im Oktober 1904.

Die Hochschule besteht aus einer auf einem Gelände von 6,5 ha gelegenen Gebäudegruppe, bei der in einer Flucht von Südost nach Nordwest aufeinander folgen: das Chemische Institut, das Hauptgebäude, das Elektrotechnische Institut und das Maschinenlaboratorium; in der Südwestecke des Geländes ist neuerdings noch ein Festigkeitslaboratorium errichtet worden. Das Maschinenlaboratorium versieht alle diese Gebäude mit Wasser, Wärme, Licht und Kraft, und bildet auch die Kraftquelle für das Elektrotechnische Institut, das ihm zunächst (in 34 m Entfernung) gelegen und mit ihm durch ein Lichtkabel von 120 qmm, ein Kraftkabel von 400 qmm und zwei parallel geschaltete Kraftkabel von je 400 qmm verbunden ist. Aus zwei Dampfdynamos von zusammen 330 KW und einer Akkumulatorenbatterie von 128 KW bei dreistündiger Entladung vermögen die Kraftkabel bei der vorhandenen Betriebsspannung von 220 V normal eine Leistung von 420 KW mit einem Spannungsabfalle von etwa 1 % aus dem Maschinenlaboratorium in das Elektrotechnische Institut zu übertragen.

Bis zum Mai 1904 wurden die Entwürfe für die elektrotechnische Einrichtung des Instituts vom Verfasser in Berlin hergestellt und die Ausführung von dort aus überwacht; vom Januar 1903 an stand eine Hilfskraft zur Verfügung. Die Vergebung aller größeren Lieferungen, wie der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlage und der Einrichtungen des Maschinen- und des Hörsaales, geschah auf Grund von Ausschreibungen, die von dem Verfasser bis auf alle Einzelheiten durchgearbeitet waren. Bei diesen Arbeiten haben insbesondere die Herren Prof. Dr. Simons und Dr. Vollmer dem Verfasser durch Rat und Tat die wertvollste Hilfe geleistet.

II. Gebäude und Raumeinteilung.

Das Gebäude des Elektrotechnischen Instituts ist, wie die anderen Bauten der Hochschule, äußerlich im Stile der alten Danziger Bauweise gestaltet (Abb. 1 und 2) mit reizvollem Wechsel von dunkelrotem Backstein und grauem Sandstein. Bildhauerischer Schmuck weist geschickt und eigenartig auf den Verwendungszweck des Hauses hin.

Bei der Gestaltung des Baues wurde nicht nur auf eine zweckmäßige Gruppierung der Räume, sondern auch auf Erweiterungsmöglichkeit Wert gelegt. Diese Gesichtspunkte und die Rücksicht auf den für das Institut zur Verfügung stehenden

Teil des Hochschulgeländes führten zur Ausführung eines langgestreckten Baues mit einem unterkellerten Untergeschoß, einem Erd-, einem Ober- und einem Dachgeschoß. Der Haupteingang liegt auf der in Abb. 1 dargestellten Vorderseite und führt ins Erdgeschoß, ein Nebeneingang auf der in Abb. 2 dargestellten Rückseite des Gebäudes führt ins Untergeschoß. Das ganze Gebäude kann nach Südwesten erweitert, das steile, durch Aufbauten reichlich erhellte Dach durch Einbau weiterer Räume zu einer Vergrößerung des Instituts ausgenutzt werden. Die drei Hauptstockwerke (Abb. 3, 4, 5) sind durch eine etwa in der Mitte des Gebäudes liegende, bis zum Dachraum weiter geführte Haupttreppe, und am Südwestende durch eine bis in den Keller geführte Nebentreppe verbunden. Eine dritte Treppe führt in einem besonderen, am nordöstlichen Ende gelegenen Kopfbau unmittelbar zur Kleiderablage des großen Hörsaales empor, so daß dieser direkt von dem Nebeneingange aus erreicht werden kann. Eine weitere Verbindung der drei Hauptgeschosse bildet ein elektrisch betriebener Aufzug von 1,73 × 1,38 qm Grundfläche und 1750 kg Tragfähigkeit, insbesondere zur Beförderung von Maschinen zwischen Maschinen- und großem Hörsaal.



Abb. 1. Vorderseite des Instituts mit Haupteingang.

Für die Gruppierung der Räume wurden folgende Grundsätze aufgestellt:

Der Maschinensaal muß zu ebener Erde liegen und vom Gelände durch eine breite Tür zum Einbringen von Maschinen bequem zugänglich sein. Er bildet das Herz des Instituts, von dem aus die Ströme durch Leitungsadern in alle Teile des Hauses zu führen sind, und muß daher eine zentrale Lage haben. Er muß aber so eingefügt werden, daß seine Erschütterungen sich nicht auf das Gebäude übertragen, und muß vor allen anderen Teilen des Hauses erweiterungsfähig sein.

Der große Hörsaal soll ohne Störung der im Institut Arbeitenden erreichbar, und seinerseits auch keinen Störungen durch den Unterrichtsbetrieb ausgesetzt sein. Er muß den Stromquellen des Instituts möglichst nahe liegen, damit er mit allen diesen ohne erheblichen Aufwand von Leitungsmaterial in Verbindung gebracht werden

kann. Neben ihm muß sich ein Vorbereitungs- und ein Sammlungsraum befinden.

Die Übungsräume für die Anfänger sollen nicht aus einzelnen kleinen Zimmern, sondern aus großen Sälen bestehen, damit der Überblick und die Verteilung der Arbeiten möglichst erleichtert wird. Diese Räume müssen dem Haupteingange möglichst nahe liegen, damit der zu ihnen gehende Verkehr keine Störungen anderer Arbeiten herbeiführt.

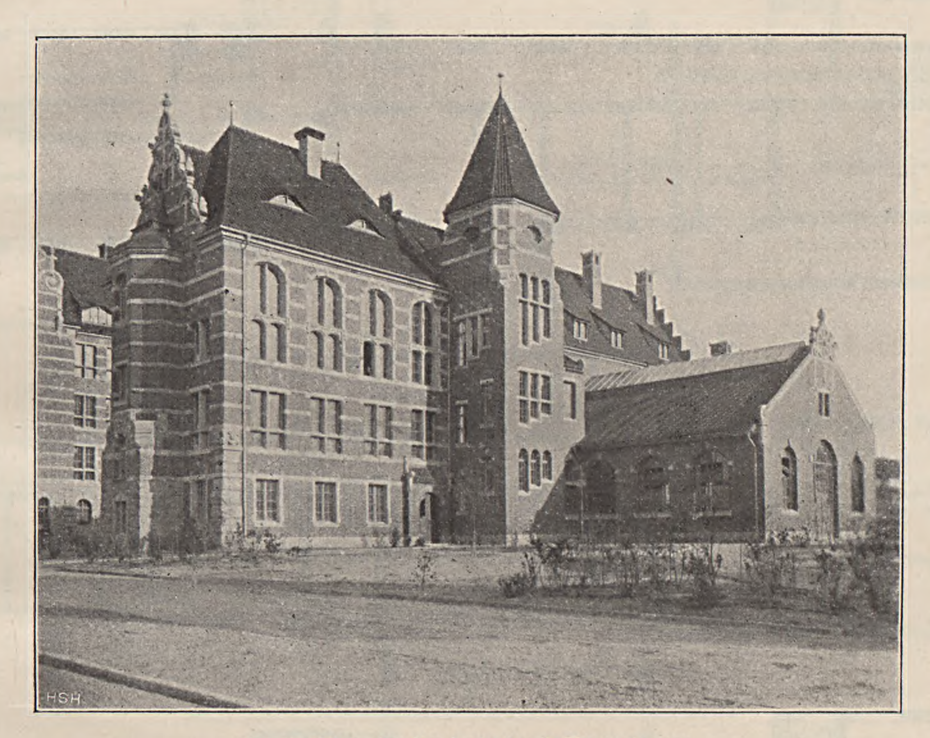


Abb. 2. Rückseite des Instituts mit Nebeneingang.

Die Feinmeßräume haben keine besonders weitgehenden Schutzeinrichtungen, wie besondere Fundierungen, Eisenfreiheit zu beanspruchen. Sie haben sich dem Bau ohne besondere Maßnahmen organisch einzufügen; das weitere ist durch Wahl geeigneter Meßmethoden zu erreichen. Es genügt, wenn in einem Raum ein isolierter, auf gewachsenem Boden errichteter Pfeiler vorhanden ist, auf welchem Instrumente erschütterungsfrei aufgestellt werden können. Ein besonderes Eichzimmer ist nicht einzurichten. Als Normalien genügen die von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgebildeten Normalien der Technik, die für alle vorkommenden Meßbereiche in einem Schranke untergebracht werden können. Wichtig ist aber eine Betriebsorganisation, welche die Verwendung dieser Apparate ausschließlich als Eichnormalien sichert; im übrigen genügt eine zeitweise ausgeführte Kontrolle durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Die Zeichensäle sollen möglichst für sich und nahe dem Haupteingange liegen, da sie zum Teil von Studierenden benutzt werden, die an den Laboratoriumsübungen nicht teilnehmen.

Die Assistentenzimmer sind auf die einzelnen Stockwerke zu verteilen. Die Doktorandenzimmer sollen im Untergeschoß möglichst nahe den Stromquellen liegen.

Eine Dienerwohnung ist im Hause selbst nicht vorzusehen, da die Familie den Diener von der Arbeit abzieht. Die Wohnung muß aber auf dem Hochschulgelände liegen. Dem Diener des Instituts ist ein kleines Häuschen zugewiesen worden, das auf einer Seite des Haupttores der Hochschule, gegenüber einem gleichgestalteten Pförtnerhäuschen, gelegen ist.

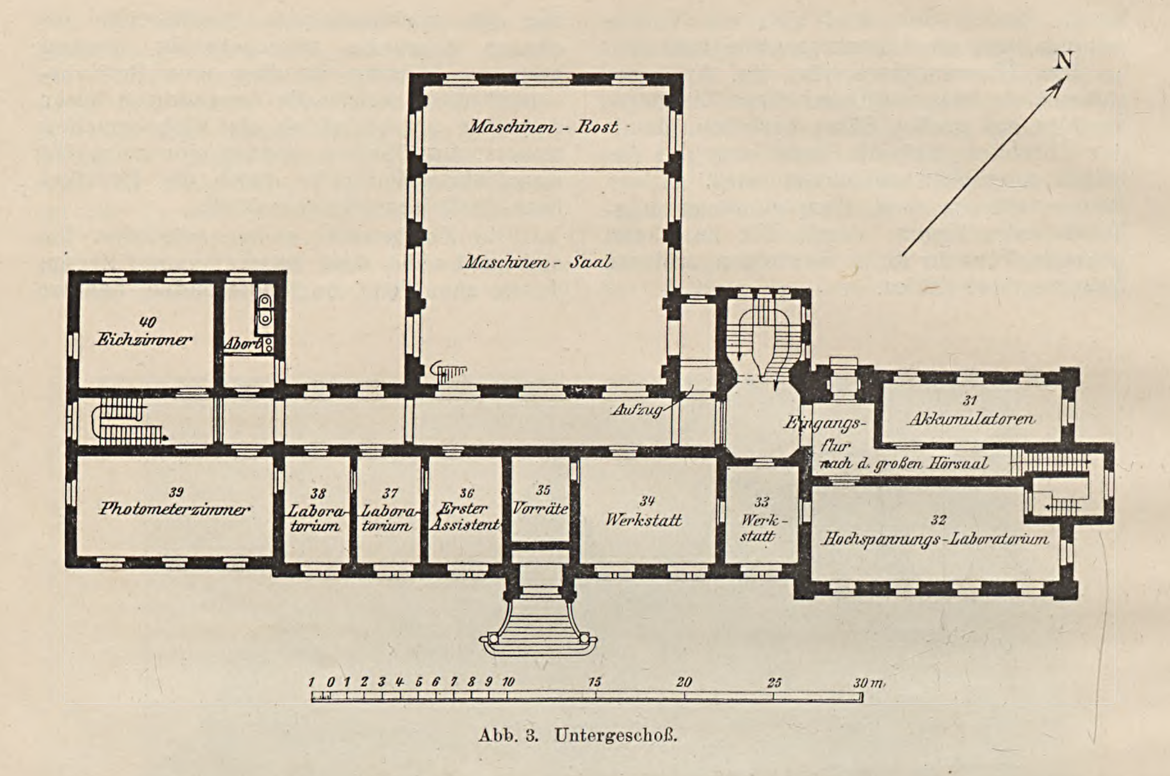


Abb. 3. Untergeschoß.

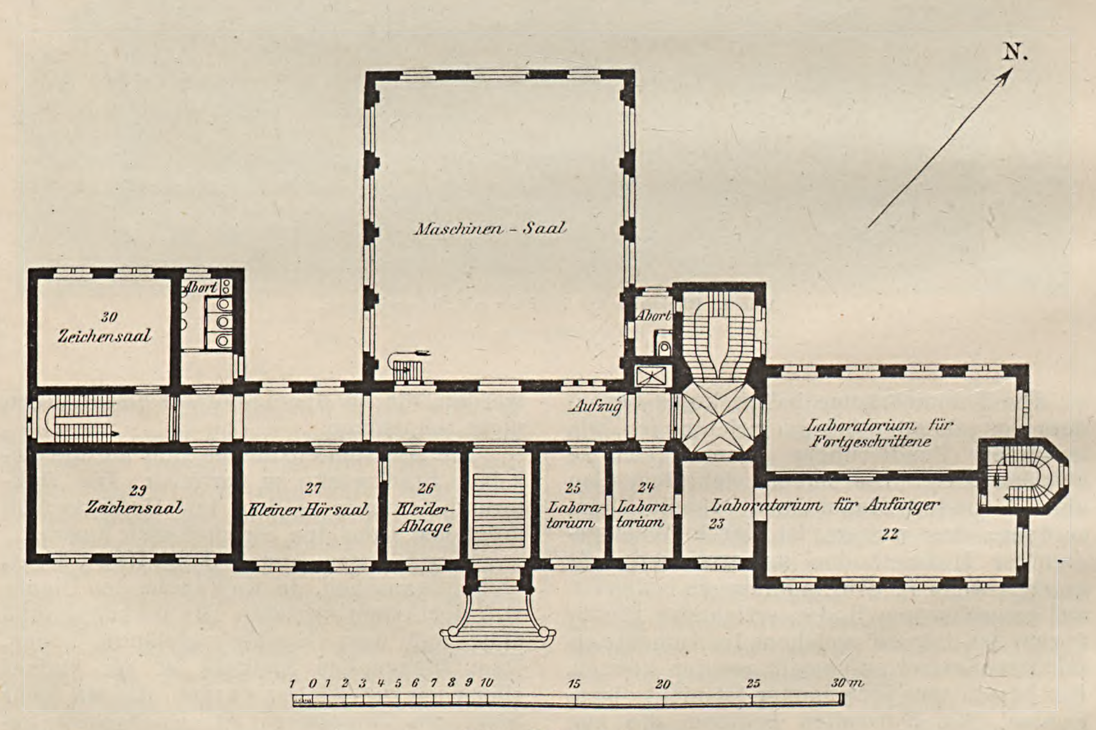


Abb. 4. Erdgeschoß.

In welcher Weise den angegebenen Grundsätzen Rechnung getragen ist, zeigen die Abb. 3 bis 5. Für den Maschinensaal ist ein Anbau errichtet, der mit reichlichem Seiten- und Oberlicht versehen ist und einen direkten Zugang von außen hat. Der unterkellerte Fußboden dieses Anbaues wird auf der Seite, welche dem Gange des Untergeschosses zugewandt ist, durch eine besondere, einen Stein starke Mauer gestützt, die parallel zu der Gebäudemauer, aber getrennt davon, aufgeführt ist. Die Erschütterungen des Fußbodens werden also auf das Gebäude nicht übertragen. Ein balkonartiger Ausbau im Gange des Erdgeschosses ermöglicht einen Ausblick auf den Maschinensaal aus der Vogelperspektive. Der große Hörsaal ist in das Obergeschoß gelegt, und an ihn reihen sich an das Vorbereitungszimmer, der Sammlungsraum, die Bücherei, das Zimmer des Institutsvorstehers und eine photographische Dunkelkammer. Die Übungssäle für Anfänger und Fortgeschrittene liegen rechts vom Haupteingange im Erdgeschoß, daneben zwei Assistentenzimmer; links vom Haupteingange liegen die Zeichensäle, und außerdem ein kleiner Hörsaal und eine Kleiderablage. Ein erschütterungsfreier Pfeiler ist in einem als Eichzimmer bezeichneten Raume (Abb. 3) des Untergeschosses aufgestellt. Im Untergeschoß liegen ferner einige Speziallaboratorien (das Photometerzimmer und der Hochspannungsraum), zwei Laboratorien für Doktoranden, darunter eines verdunkelbar, der Akkumulatorenraum, zwei Werkstatträume mit Vorratsraum, und das Zimmer des die Arbeiten in diesen Räumen speziell überwachenden ersten Assistenten.

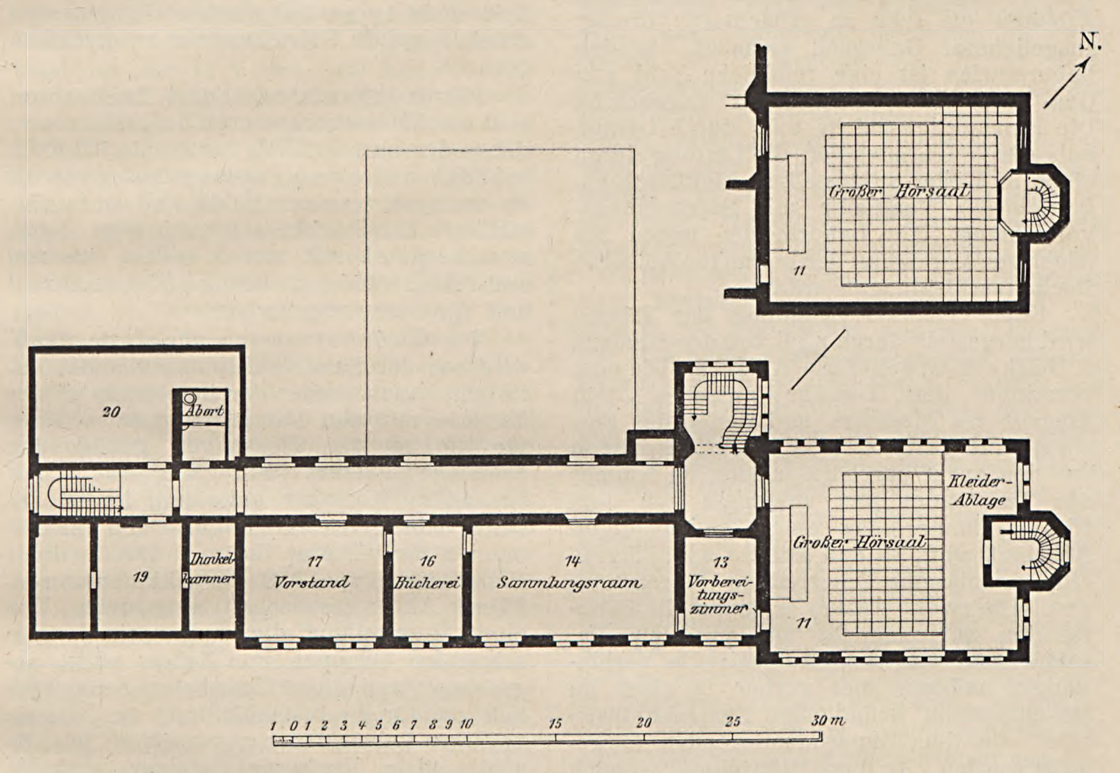


Abb. 5. Obergeschoß.

Die Beleuchtung des Hauses geschieht elektrisch nach einem Entwurfe des Instituts. Die Leitungen sind größtenteils in verbleitem Eisenrohr verlegt. Es wurde Wert darauf gelegt, daß möglichst alle Lampenarten vertreten sind. So werden die kleineren Räume und die Gänge durch Glüh- und Nernstlampen, der Maschinensaal und Übungsraum für Anfänger und Fortgeschrittene durch offene Bogenlampen mit Reinkohlen in verschiedenen Aufhängungsarten, der Sammlungsraum durch Dauer-

brandlampen, der kleine Hörsaal durch halb indirektes, der eine Zeichensaal durch ganz indirektes Bogenlicht, der andere durch Quecksilberdampflampen beleuchtet. Für den großen Hörsaal sind Guirlanden von Glühlampen gewählt, um bei häufigem Ein- und Ausschalten der Lampen bei der Vorführung von Lichtbildern störende Geräusche zu vermeiden. Die Lage der Schalter, die oft zu Unrecht als untergeordnet angesehen wird, wurde überall mit Sorgfalt erwogen, von Wechselschaltern, deren Benutzung das Arbeiten oft sehr zu erleichtern vermag, ausgedehnter Gebrauch gemacht. In den Laboratorien ist eine reichliche Zahl von Gas- und Wasseranschlüssen angebracht. Die Heizung geschieht teils durch Dampf, teils durch Warmwasser, die Lüftung durch einen im Keller aufgestellten, elektrisch angetriebenen Ventilator mit Befeuchtungsvorrichtung. Alle Laboratorien haben zur leichteren Verlegung der Leitungen hölzerne Deckenverkleidungen erhalten.

Eine Telephonverbindung der Räume wird hergestellt durch zwei von der Siemens & Halske A.-G. gelieferte Anlagen. Die eine vermittelt den Verkehr zwischen dem Zimmer des Direktors und denen des Personals und gestattet, von jedem Anschlusse aus den Anruf durch Stöpselung im Zimmer des Anrufenden und außerdem von dem Direktorzimmer aus einen gleichzeitigen Anschluß aller, so daß sämtliche Beteiligten eine gemeinsame Unterredung führen können. Die zweite Anlage verbindet die Laboratorien untereinander und mit dem Maschinensaal und dem Hörsaal; die Verbindungen müssen aber vorher in einer im Maschinensaal befindlichen Zentral-Stöpseltafel von dem Experimentierenden hergestellt werden. An diese Stöpseltafel ist auch das Zimmer des Direktors angeschlossen, so daß dieser außer mit den Zimmern des Personals, mit denen er immer in Verbindung steht, auch mit jedem anderen Raume des Instituts in Verbindung gebracht werden kann. Die Teilung in zwei Anlagen wurde vorgenommen, weil eine Zentralisierung des Ganzen und die Einrichtung einer gemeinsamen Stöpseltafel für alle Anschlüsse eine dauernde Bedienung verlangt, und die Zeit des Personals zu sehr in Anspruch genommen hätte; Einrichtungen für eine Linienwahl von sämtlichen Teilnehmern selbst zu allen anderen wären dagegen zu kostspielig gewesen. Die gewählte Anordnung erfüllt alle Betriebsansprüche, ohne eine Bedienung nötig zu haben, und hält die Kosten in mäßigen Grenzen.

III. Stromquellen.

Als normale Spannung für Gleichstrom ergab sich von selbst die vom Maschinenlaboratorium gelieferte von 220 V, Zweileitersystem. Für Wechselstrom und Drehstrom wurde die gleiche Spannung als normale gewählt. Alle Maschinen und Apparate sind, soweit irgend tunlich, für diese Spannungen eingerichtet. Daß aber auch alle anderen Spannungen in einem Bereiche von 0 bis auf etwa 300 V bequem und ohne Zeitverlust hergestellt werden können, wird durch folgende Einrichtungen zu erreichen gesucht.

Für Wechselstrom und Drehstrom sind zwei Motorgeneratoren aufgestellt, von denen der erste 50 KVA, der zweite 100 KVA bei 220 V und einem Leistungsfaktor von 0,8 zu erzeugen vermag. Beide sind an fest installierte Schalttafeln angeschlossen, daher stets betriebsbereit und in weiten Grenzen und feinen Stufen in bezug auf Tourenzahl und Spannung regulierbar.

Die Gleichstromspannung von 220 V wird aus der Batterie des Maschinenlaboratoriums auch beim Parallelbetrieb dieser Batterie mit den Dampfdynamos in einer für die meisten Messungen genügenden Konstanz geliefert. Für Fälle, wo es auf besondere Konstanz ankommt, ist im Institut selbst noch eine Batterie von 121 Elementen für 162 Amp Std bei dreistündiger Entladung (Type J 18 der Akkumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft) aufgestellt. Von einer Unterteilung dieser Batterie in umschaltbare Gruppen von Zellen wurde abgesehen, weil diese Umschaltung umständlich und für die Instandhaltung der Batterie und ihre Lebensdauer unvorteilhaft ist. Es schien dem Verfasser richtiger, variable Spannungen durch einen fertig geschalteten und immer betriebsbereiten Gleichstromgenerator zu erzeugen. Diese Anordnung bietet den Vorteil, nicht nur die durch eine Batterie erreichbaren Spannungsstufen viel bequemer herstellen, sondern auch jede dazwischen liegende Spannung auf das feinste einregulieren zu können. Der Einfachheit und Billigkeit wegen ist dieser Gleichstromgenerator, eine Nebenschlußmaschine für 50 KW, mit dem einen Motorgenerator direkt gekuppelt und dient gleichzeitig zum Laden der Akkumulatorenbatterie. Die Möglichkeit, jede Spannung in bequemster Weise herzustellen, macht Vorschaltwiderstände ganz entbehrlich. Da diese bei der Mannigfaltigkeit der in einem technischen Laboratorium vorliegenden Aufgaben in erheblicher

Zahl für die verschiedensten Widerstandsgrößen und Belastungsfähigkeiten vorhanden sein müßten, und ihre richtige Auswahl und das Herantragen an die Arbeitsstätte oft umständlich und zeitraubend ist‘ so sieht der Verfasser in der geschilderten Einrichtung einen erheblichen Vorteil, der besonders bei Experimentalvorlesungen zur Geltung kommt. Auf die Benutzung des Maschinenaggregates zu diesem Zwecke wird unten sogleich eingegangen werden.

Zur Erzeugung starker Gleichströme bei kleinen Spannungen ist eine an eine Schalttafel betriebsbereit angeschlossene Maschine für 10 V und 1000 Amp im Maschinensaal aufgestellt. Im Akkumulatorenraum stehen für den gleichen Zweck drei Zellen von einer Entladestromstärke von 216 Amp bei dreistündiger Entladung (Type J 24), die von der genannten Maschine geladen und mit ihr parallel benutzt werden können. Diese Zellen können einzeln, zu zweien und zu dreien mit allen Teilen des Hauses in Verbindung gebracht und statt tragbarer Akkumulatoren verwendet werden. Da die Benutzung der letzteren leicht Unsauberkeiten mit sich bringt, und ihr Zusammentragen, Schalten und Laden viel Zeit kostet, so hat sich die geschilderte Einrichtung als sehr zweckmäßig erwiesen. In Fällen, wo kleine Ströme benötigt sind, werden Trockenelemente benutzt, tragbare Akkumulatoren und nasse Elemente nur da, wo sie selbst Versuchsobjekte sind.

Die Schaltung der genannten drei Maschinensätze soll nun im folgenden besprochen werden. Die dabei erwähnten Tafeln *B*, *C*, *D* sind Verteilungstafeln, von denen aus die Ströme in alle Teile des Hauses weiter geleitet werden können. Diese Verteilungsanlage wird weiter unten geschildert werden.

Maschinensatz I und Hauptbatterie des Instituts: Dieser Maschinensatz ist geliefert worden von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und besteht aus einem Nebenschlußmotor für 78 PS (E G 650), durch Lederbandkupplungen direkt gekuppelt mit einer Gleichstromdynamo für 50 KW (E G 650) und einer Drehstrommaschine (E S D 600) für 50 KVA bei 50 Perioden. Der Schaltplan ist in Abb. 6a und b dargestellt. Abb. 6a gibt die Schaltung der zu dem Aggregat gehörigen Schaltafel des Maschinensaales, Abb. 6b die einer damit verbundenen Schalttafel des großen Hörsaales wieder. Die Einrichtung ist so getroffen, daß man das Aggregat sowohl im Maschinensaal selbst wie auch vom großen Hörsaal aus in genau gleicher Weise anlassen und regulieren kann.

Im Maschinensaal sehen wir den Anker der Gleichstromdynamo durch einen Umschlaghebel entweder mit der Batterie verbunden, oder auf die Verteilungstafel *B* arbeiten; der Drehstromgenerator ist immer an das Verteilungsnetz (über *B*, *C*, *D*) angeschlossen. Die Ladung der Batterie geschieht durch einen Einfachzellenschalter, der an der Wand des Akkumulatorenraumes, aber außerhalb desselben in dem Gange des Untergeschosses neben dem Hauseingange angebracht ist. Von einem motorischen Antriebe dieses Zellenschalters wurde vorläufig Abstand genommen, da der Weg zu ihm nicht weit ist; eine Klingel meldet aber jede Drehung des Zellenschalters in der Werkstatt. Die Verwendung des Einfachzellenschalters gestattet auch einen Parallelbetrieb von Batterie und Generator beim Entladen. Die Sammelschienen, an welche der Motoranker und die Erregung der Maschinen angeschlossen sind, können durch einen Umschlaghebel *a b* sowohl mit der Batterie des Instituts (*J B*) wie auch mit den Sammelschienen der Hochschulzentrale (*H C*) verbunden werden. Dieser Umschalter ist hinter der Schalttafel an der Mauer angebracht; eine Reihe anderer daneben installierter Umschalter gestattet, die Verteilungstafeln *B*, *C*, *D* der einzelnen Stockwerke und auch die Beleuchtung des ganzen Hauses auf Hochschulzentrale oder Institutsbatterie zu schalten, um völlige Unabhängigkeit zu erreichen. Die Erregung des Drehstromgenerators kann durch einen Umschlaghebel *U* sowohl von den Sammelschienen wie auch von dem Anker des Gleichstromgenerators aus geschehen, um einen möglichst weiten Regulierbereich und feine Stufen zu schaffen. Zur Verfeinerung der Regulierung der Tourenzahl ist dem Kurbelwiderstand des Motorfeldstromes noch ein Schieberwiderstand hinzugefügt. Die Erregerleitungen beider Generatoren haben an der Schalttafel schließbare Unterbrechungsstellen, die an die Verteilungstafel *B* angeschlossen sind, damit die Regulierung auch von jeder anderen Stelle des Hauses vorgenommen werden kann. Schließt man die abnehmbaren, gestrichelt gezeichneten Leitungen an, so kann man bei geöffneter Sicherung *s* die Anker beider Gleichstrommaschinen auch hintereinander schalten, so daß sie, als Motoren laufend, den Drehstromgenerator mit halber Tourenzahl treiben und daher Wech-

selstrom von 25 Perioden bei guter Regulierung erzeugen können.

Nach dem Hörsaal gehen Leitungen sowohl von dem Anker beider Generatoren daß zu jedem mit einem Ausschalter in Reihe befindlichen Regulierwiderstand im Maschinensaal ein gleicher Regulierwiderstand mit Schalter im Hörsaal parallel ge-

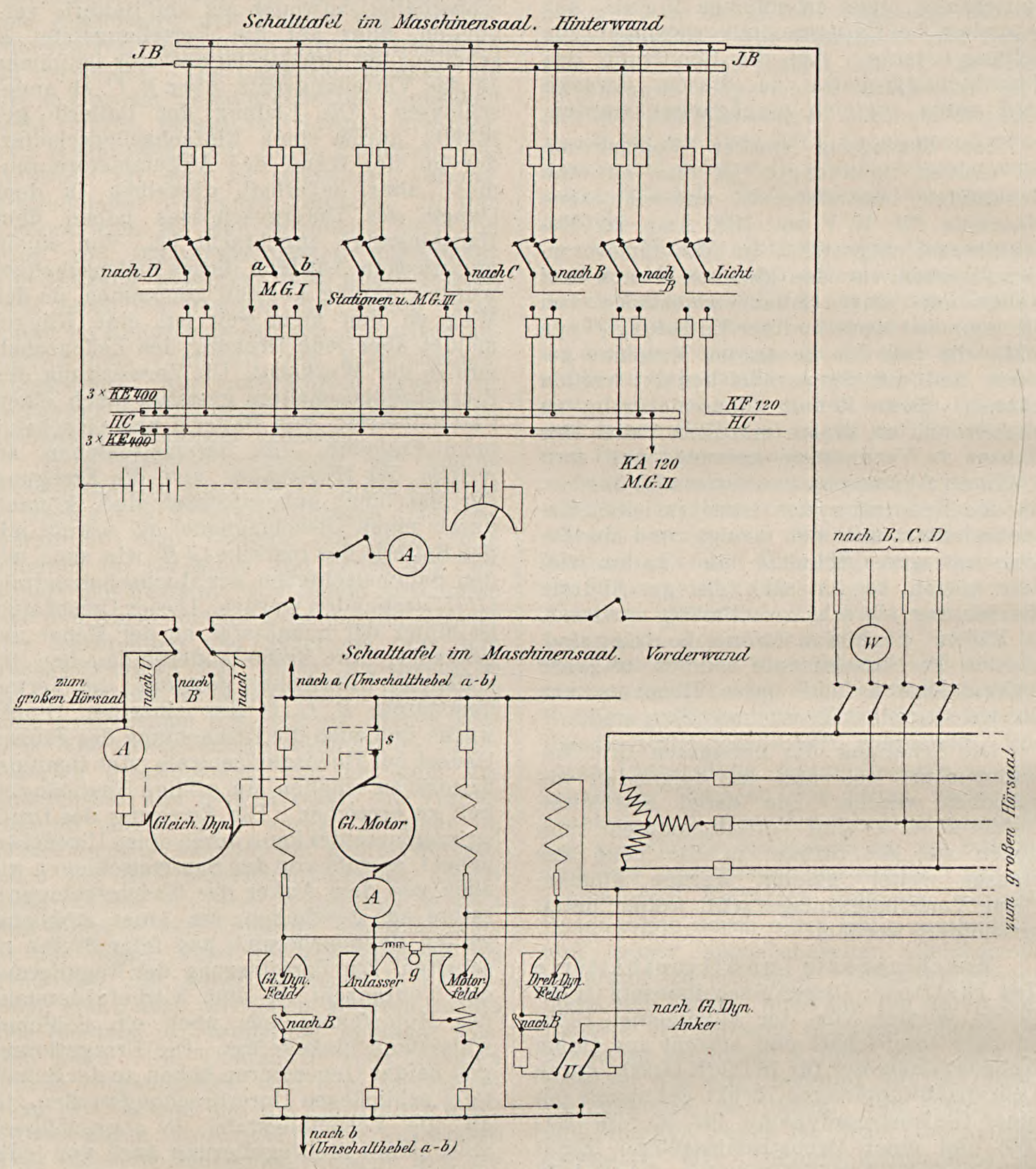


Abb. 6a. Hauptschalttafel im Maschinensaal.

wie auch von den auf Institutsbatterie und Hochschulzentrale umschaltbaren Sammelschienen. Die Regulierung des Stromes im Motoranker und in den drei Erregerkreisen ist vom Hörsaal aus dadurch ermöglicht, schaltet ist. Eine Warnungsglocke *g* im Maschinensaal meldet dort automatisch das Ingangsetzen des Motors vom Hörsaal aus. An die Drehstromleitungen des Hörsaales ist auch ein Synchronmotor ange-

schlossen, der die Frequenz des Wechselstromes auf einem an der Schalttafel angebrachten Tachometer angibt.

Durch umschaltbare Volt- und Amperemeter können sowohl im Maschinensaal wie im Hörsaal die Erregerstromstärken der drei Maschinen, die Gleichstromdynamo-, Batterie- und Netzspannung und die vier Wechselströme und sechs Wechselspannungen des Drehstromgenerators und im Hörsaal außerdem auch der Batterie-, Motor- und Dynamostrom gemessen werden. Im Schaltplan sind der Übersichtlichkeit wegen die Umschalter und ihre Anschlüsse und die umschaltbaren Meßinstrumente weggelassen, und nur die Meßwiderstände für die Stromstärken eingezeichnet.

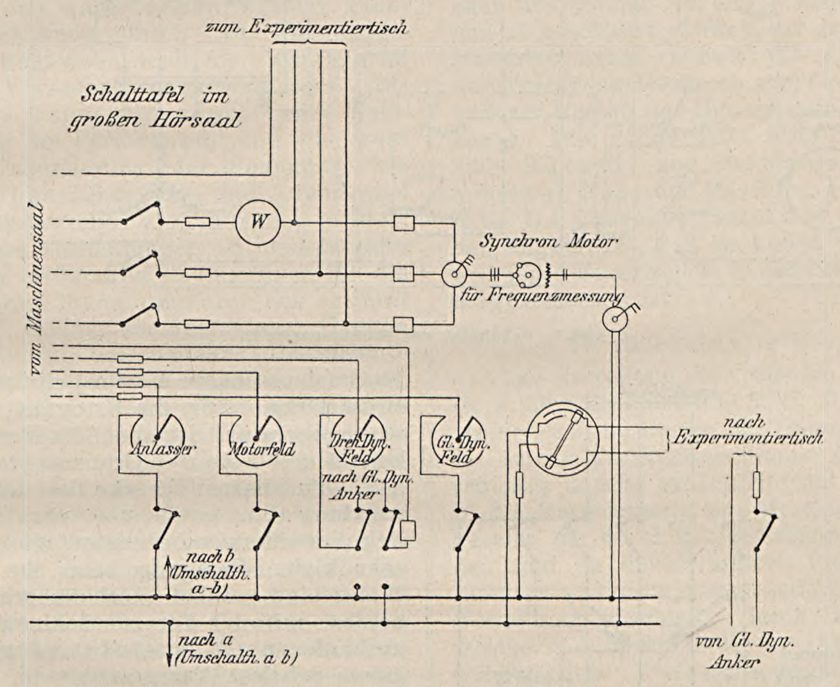


Abb. 6b. Schalttafel im großen Hörsaal.

Maschinensatz II: Dieses Aggregat ist von der Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke A.-G. geliefert und besteht aus einem Gleichstrommotor G XVI und einem Drehstromgenerator D F XVI mit gemeinsamer Welle und Zwischenschildlager. Es ist eigentlich bestimmt zur Umformung von Drehstrom in Gleichstrom und hat daher für die im vorliegenden Falle vorgenommene entgegengesetzte Umformung einen für den Motor zu großen Generator. Der Gleichstrommotor ist ein Wendepolmotor von 500/1000 Umdr/Min und hat eine Dauerleistung von 90 PS bei 1000 Umdr/Min. Der Drehstromgenerator gibt normal bei 500/1000 Umdr/Min, das sind 25/50 Perioden, 110/220 V und 50/100 KVA bei einem Leistungsfaktor von 0,8. Mit Rücksicht auf den Vorzug, den die gedrängte Anordnung des Zwischenschildlagers für die Raumausnutzung des Maschinensaales bietet, und um diese Anordnung den Studierenden vorzuführen, wurde die geschilderte Zusammenstellung trotz der genannten Unstimmigkeit gewählt. Die Schaltung ist hauptsächlich mit Rücksicht auf die Speisung der Transformatoren des Hochspannungsraumes entworfen, welche Aufgabe dieses Aggregates ist. Das Aggregat läßt sich aber auch an alle anderen Räume des Hauses anschließen.

Der Schaltplan ist dargestellt in Abb. 7. Das Motorfeld wird gespeist von der Hochschulzentrale und hat einen Regler für Grob- und einen solchen für Feinregulierung. Der letztere ist an die Verteilungstafel B angeschlossen, damit auch in den anderen Räumen des Hauses, in denen der erzeugte Drehstrom benutzt wird, durch einen Nebenschluß zu diesem Feinregler (Schieberwiderstand) eine genaue Einstellung der Tourenzahl erfolgen kann. Der

Motoranker kann durch einen Umschlaghebel sowohl an die Hochschulzentrale wie auch an die Verteilungsleitungen *B* angeschlossen, also etwa durch das Aggregat I mit verschiedenster Spannung gespeist werden; im Ankerkreise liegt ein einpoliger

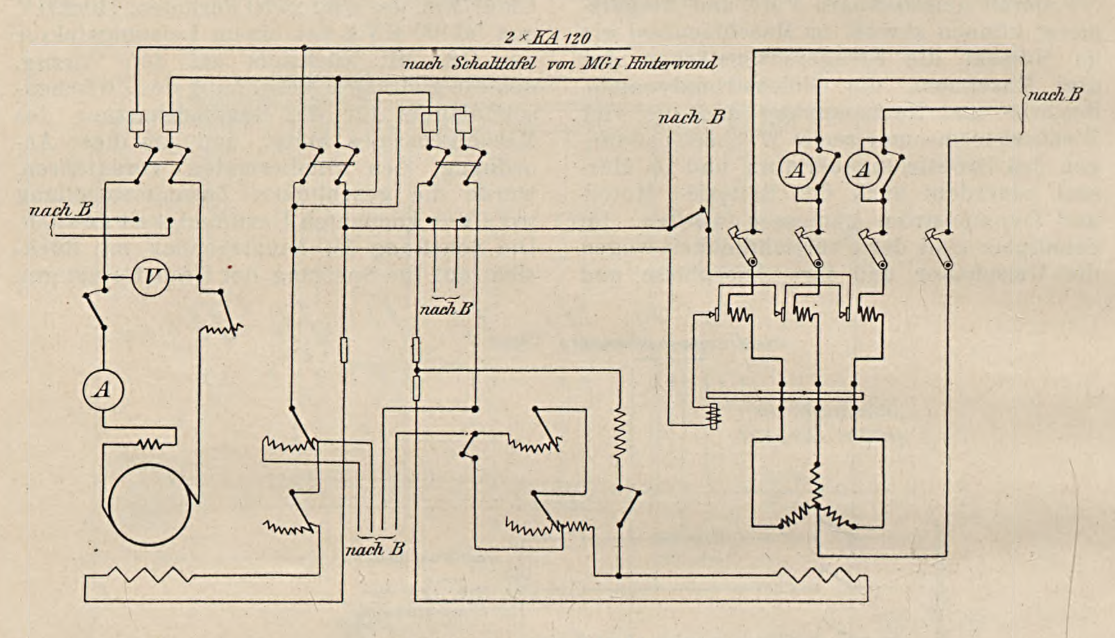


Abb. 7. Schaltplan von Maschinensatz II.

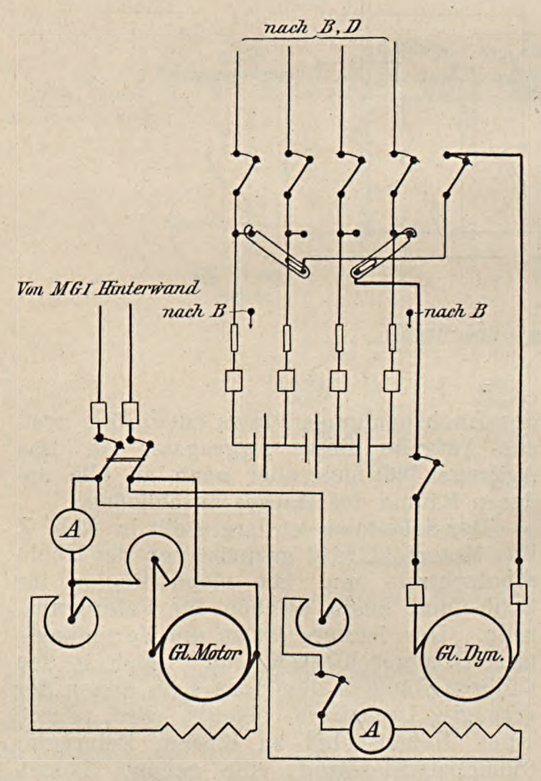


Abb. 8. Schaltplan von Maschinensatz III.

Maximalausschalter mit einstellbarer Auslösestromstärke. Für die Erregung des Drehstromgenerators ist ebenfalls Veränderlichkeit in den weitesten Grenzen erstrebt worden. Zu diesem Zwecke ist der Erregerwicklung ein grob- und ein feinstufiger Regulierwiderstand vorgeschaltet, und für sehr kleine Erregung kann ihr noch ein Widerstand parallel geschaltet werden. Die beiden, mit der Erregerwicklung in Reihe geschalteten Widerstände können durch einen Schalter kurzgeschlossen, und statt ihrer kann ein an das Verteilungsnetz *B* an irgend einer Stelle des Hauses angeschlossener Widerstand zur Grob- und Feinregulierung benutzt werden. Außerdem kann der ganze Erregerkreis sowohl an die Hochschulzentrale (über den Schalter für die Motorerregung) wie an die Verteilungstafel *B* angeschlossen, also beliebig gespeist werden. Der Drehstromanker ist in Stern geschaltet und mit den drei Polen und dem neutralen Punkt an die Verteilungstafel *B* angeschlossen. Auf der Vorderwand der Schalttafel haben diese vier Leitungen noch Unterbrechungsstellen, bestehend aus kräftigen Klemmen mit abnehmbaren Verbindungsstücken, an welche besonders Versuchsobjekte und spezielle Meßinstrumente angeschlossen werden kön-

nen. Als Drehstromausschalter ist ein dreipoliger Maximalölschalter für schnelle Auslösung mit einstellbarer Auslösestromstärke und mit angebautem, mit Ruhestrom arbeitendem Spannungsauslöser gewählt worden. Für die Ein- und Ausschaltung dieses Schalters ist ein Schaltmotor vorgesehen, der aber in Abb. 7 der Übersichtlichkeit wegen nicht gezeichnet ist. Ein Unterbrecher für den Ruhestrom des Spannungsauslösers und der Schalter für den Schaltmotor befinden sich auf der Vorderseite der Schalttafel. Beide Schalter haben aber auch eine Verbindung mit der Verteilungstafel *B*, so daß der Ölschalter von jeder Stelle des Hauses aus ein- und ausgeschaltet werden kann; die Ausschaltung durch den Spannungsauslöser dient dabei noch als Sicherheit im Falle des Versagens des Schaltmotors. Aus der Ferne kann also sowohl eine Feineinstellung der Periodenzahl und eine weitgehende Regulierung der Spannung wie auch ein plötzliches Ein- und Ausschalten des Wechselstromes vorgenommen werden. Durch diese Einrichtungen ist insbesondere auch allen erfüllbaren Bedingungen für die Speisung der Transformatoren des entfernt liegenden Hochspannungsraumes Genüge getan. Durch umschaltbare Instrumente meßbar sind die beiden Erregerstromstärken, dabei diejenigen des Drehstromgenerators mit und ohne Nebenschluß und die sechs Drehstromspannungen. Der Übersichtlichkeit wegen sind die dafür dienenden Verteilungsleitungen, Schalter und Instrumente im Schaltplane wiederum weggelassen. Vier Kontakte des Voltmeterumschalters können zum Spannungs- und Phasenvergleich mit Motorgenerator I für die Parallelschaltung beider Aggregate benutzt werden. Die Verbindung der Anker zur Parallelschaltung geschieht durch einfaches Stöpseln an der Verteilungstafel *B*, von wo aus der Strom der parallel geschalteten Maschinen dann in alle Teile des Hauses geschickt werden kann. Die beschriebene Schaltanlage ist nach dem Entwurfe des Instituts von den Siemens-Schuckertwerken gebaut worden. Das an das Aggregat angeschlossene Tachometer ist mit einem elektrisch ein- und ausrückbaren Tourenzähler versehen und von Dr. Th. Horn geliefert worden.

Maschinensatz III und kleine Batterie: Dieses Aggregat besteht aus einem 12 PS - Antriebsmotor der Allgemeinen Elektricitäts - Gesellschaft, Union-Type R 4 und einer Dynamo G M 141 der Siemens-Schuckertwerke für 8/2,7 V bei 1000/200 Amp. Der Schaltplan ist dargestellt in Abb. 8. Die drei bereits oben erwähnten Akkumulatorenzellen sind in Reihe geschaltet, aber durch vier einzelne Leitungen an die Verteilungsleitungen des Hauses angeschlossen, so daß sie überall einzeln, zu zweien und zu dreien verwendet werden können. Auf der Schalttafel können die Anschlüsse durch Schalthebel unterbrochen werden. Die vier Anschlußleitungen sind mit kräftigen Klemmen verbunden, die auf der Vorderseite der Schalttafel sitzen. Zwei andere derartige Klemmen sind mit dem Generator, zwei weitere mit dem Verteilungsnetz *B* verbunden. Durch kräftige Bügel kann die Maschine auf eine beliebige Zahl der drei Zellen und auch unmittelbar auf die Verteilungsleitungen *B* geschaltet werden, so daß auch der Maschinenstrom, soweit die Querschnitte der Verteilungsleitungen ausreichen, in die anderen Räume des Hauses geleitet werden kann. Die vollen 1000 Amp können zu einer Klemmen- und Sicherungstafel in unmittelbare Nähe der Maschine geführt werden. Die genannten Bügel sind so gestaltet und angebracht, daß ein Laden der Batterie und ihrer Einzelzellen in falscher Richtung ausgeschlossen ist.

IV. Stromverteilung.

Zur Verteilung der Ströme im Institut ist je eine Marmortafel (*B*, *C*, *D*, *E*) im Maschinensaal, im Gange des Untergeschosses, in einem Assistentenzimmer des Erdgeschosses und im großen Hörsaal aufgestellt. In die Marmortafeln sind Messinghülsen eingesetzt, die durch Muttern festgezogen werden und an deren hintere Flanschen die Leitungen angeschlossen sind (Abb. 9). Die Verteilung geschieht durch Litzenkabel, welche in Stöpseln endigen. Dieses System scheint dem Verfasser gegenüber dem Linienwählersystem mit sich kreuzenden Schienen den Vorzug zu haben, daß es eine größere Freiheit in der Verteilung der Stromzuführungs- und Abnahmestellen auf der Tafel ermöglicht, und daß Reparaturen erheblich einfacher werden. Beim Verschmoren einer Hülse genügt es, diese allein auszuwechseln, meist aber genügt auch schon die Auswechselung der vorderen Mutter, während bei dem Linienwählersystem mindestens eine ganze Schiene abgenommen werden muß. Die Hülsen und Stöpsel sind in drei Stärken verwendet worden. Abb. 9 zeigt die schwächeren, welche für die unten zu besprechenden „Stationsschalttafeln" im Maschinensaal benutzt worden sind; der Stöpsel *b* kann eine Stromabzweigung, z. B. zum Anschluß eines

Voltmeters, durch den Stöpsel *c* erhalten, der in ein Loch von *b* gesteckt wird. Die bei den Verteilungstafeln *B*, *C*, *D*, *E* verwendeten Hülsen und Stöpsel haben einen größeren Durchmesser (11/12 mm am Konus) und keinen Abzweigstöpsel.

Sämtliche an die Verteilungstafeln angeschlossenen Leitungen sind Gummiaderleitungen, können also für Spannungen bis zu 1000 V verwendet werden; sie sind frei auf Isolierrollen in 5 cm Entfernung verlegt. Bei ihrer Führung wurde als Grundsatz aufgestellt, daß jedes Laboratorium möglichst nur die Leitungen aufnehmen soll, die in ihm selbst benutzt werden. Aus diesem Grunde ist das Kellergeschoß für die Leitungsverlegung im ausgibigsten Maße herangezogen. Die Leitungen des Untergeschosses sind ausschließlich an der Decke des Kellergeschosses installiert und von dort aus unmittelbar an die Verwendungsstellen im Untergeschoß geführt. Die ins Erdgeschoß emporsteigenden Leitungen durchlaufen nur die Werkstatträume, die in das Obergeschoß weiter gehenden noch den Vorraum (23) für Anfänger. Dieser untergeordneten Zwecken dienende Raum ist von den für Experimente verwendeten im ganzen Hause der einzige, welcher Experimentierleitungen anderer Räume enthält. Die Steigleitungen sind in jedem Stockwerk mit einer gemeinsamen abnehmbaren Holzverkleidung versehen. Alle diese Maßnahmen und die sehr sorgfältige Installation ausschließlich auf Rollen, und die völlige Abwesenheit von Kanälen, in denen die Leitungen unmittelbar aufeinander lägen, haben zur Folge gehabt, daß noch nicht eine einzige Reparatur in der ganzen Installation der Experimentierleitungen nötig geworden ist. Würde eine solche notwendig, so wäre sie in der einfachsten Weise auszuführen, da alle Leitungen bequem zugänglich und in entsprechenden Abständen mit kleinen Schildchen versehen sind, die ihre Anfangs- und Endstellen angeben. Die Installation der Verteilungsleitungen ist von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft nach den Angaben des Instituts ausgeführt worden.

Welche Möglichkeiten für die Verteilung der Ströme im Hause bestehen, erkennt man aus den Tabellen auf S. 13, in welchen die an jede Tafel angeschlossenen Leitungen aufgezählt sind. Die zu den Stromquellen führenden Leitungen bilden dabei je nach der Eigenart der Stromquellen zu mehreren einen Anschluß: bei Drehstrom zu je vieren (Sternschaltung), bei Gleichstrom zu je zweien, und nur bei der Dreizellenbatterie, die nach Abb. 10 angeschlossen ist, zu je vieren. Alle Anschlüsse einer Stromquelle sind parallel geschaltet, und die Zuführung zu ihnen geschieht teils durch ein, teils durch mehrere parallel geschaltete Kabel. Als zulässige Stromstärke ist dabei der Gesamtstrom zu verstehen, welcher den parallelen Anschlüssen zugeführt werden darf. Der aus jedem Anschluß zu entnehmende Strom richtet sich dann nach der in den Tabellen angegebenen Belastungsfähigkeit der frei endigenden Leitung, welche man mit dem Anschlusse verbindet.

Die in den Tabellen verzeichneten Stromstärken sind nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zulässig, für Laboratoriumversuche können also vorübergehend noch höhere Belastungen gewählt werden.

Die mit „Hochschulzentrale oder Institutsbatterie“ bezeichneten Anschlüsse sind an die entsprechenden Umschlaghebel auf der Hinterwand der Schalttafel des Motorgenerators I (Abb. 6a) angeschlossen, können

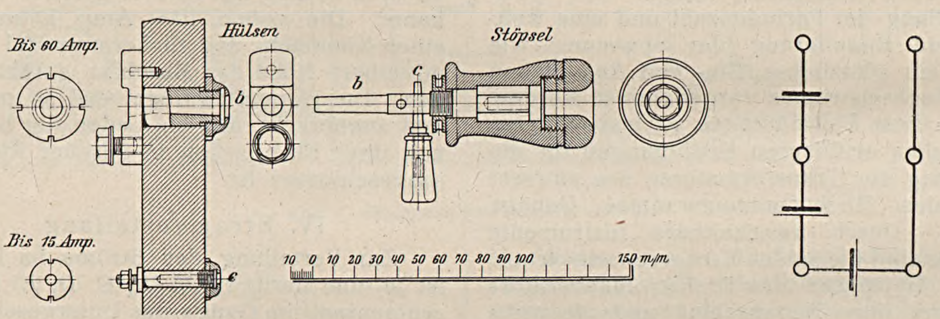


Abb. 9. Anschlußstöpsel und -hülsen der Stationsschalttafeln des Maschinensaales. Abb. 10.

Tafel *B* für die Stromverteilung im Maschinensaal.

Anschlüsse	Zahl der Leitungen	Zulässige Stromstärke Amp
Stromquellen:		
Hochschulzentrale oder Institutsbatterie	6×2	720
Institutsbatterie oder Hochschulzentrale	6×2	720
Motorgenerator I, Drehstromgenerator	3×4	225
Motorgenerator I, Gleichstromgenerator	4×2	240
Motorgenerator II, Motor .	3×2	480
Motorgenerator II, Drehstromgenerator	3×4	240
Kleine Batterie	3×4	160
Motorgenerator III, Gleichstromgenerator	1×2	160
Frei endigende Leitungen:		
Verteilungstafel *C*	12	160
Verteilungstafel *D*	12	160
Verteilungstafel im großen Hörsaal	12	160
Maschinensaal, 6 feste Stationen . . . . je	4	75
Maschinensaal, 2 feste und 4 fliegende Stationen . je	6	75

daher nach Wahl mit einer von beiden Stromquellen verbunden werden. Auch von den früher besprochenen Stromquellen sehen wir Verbindungsleitungen zu den Verteilungstafeln geführt; man kann die Ströme dieser Quellen also durch einfaches Stöpseln an den Tafeln in jedes Zimmer weiter leiten. Die nur mit Schalttafel *B* verbundenen Stromquellen können von dort aus über die Schalttafeln *C* und *D*, die an *B* angeschlossen sind, ebenfalls mit jedem Zimmer in Verbindung gesetzt werden. Das gleiche gilt für die „Stationen“ des Maschinensaales, die über *B* und *C* oder *D* ebenfalls mit allen Räumen in Verbindung stehen. Die Verbindung der drei Verteilungstafeln unter sich ermöglicht schließlich, auch alle Räume durch frei endigende Leitungen miteinander zu verbinden.

Außer den in der Tabelle angeführten sind auf den Verteilungstafeln noch diejenigen Anschlüsse vorhanden, die zur Fernregelung der drei Motorgeneratoren dienen und bei deren Betrachtung erwähnt worden sind.

Tafel *C* für die Stromverteilung im Untergeschoß außer dem Maschinensaal.

Anschlüsse	Zahl der Leitungen	Zulässige Stromstärke Amp
Stromquellen:		
Hochschulzentrale oder Institutsbatterie	4×2	480
Motorgenerator I, Drehstromgenerator	2×4	160
Frei endigende Leitungen:		
Verteilungstafel *B*	12	160
Verteilungstafel *D*	6	160
Hochspannungsraum 32 . .	12	160
Laboratorien:		
Zimmer 36 bis 38 . . . je	6	160
Photometerzimmer 39 . . .	4	160
Eichzimmer 40	12	160

Tafel *D* für die Stromverteilung im Erdgeschoß.

Anschlüsse	Zahl der Leitungen	Zulässige Stromstärke Amp
Stromquellen:		
Hochschulzentrale oder Institutsbatterie	4×2	480
Motorgenerator I, Drehstromgenerator	2×4	225
Kleine Batterie	3	240
Frei endigende Leitungen:		
Tafel *B*	12	160
Tafel *C*	6	160
Laboratorien:		
Zimmer 21	8	160
Zimmer 22	4	160
Zimmer 23	6	160
Zimmer 25	6	160
Kleiner Hörsaal 27	6	160

V. Besondere Einrichtungen einzelner Räume.

Grundsätzliches. Die Einrichtungen aller Räume haben der Organisation des Unterrichts zu entsprechen und umgekehrt. An der Technischen Hochschule in Danzig erachten alle Abteilungen eine zum mindesten enzyklopädische Kenntnis der Elektrotechnik für ihre Studierenden für notwendig. Der Unterricht beginnt für die Studierenden aller Abteilungen gemeinsam mit einem vierstündigem Sommerkolleg (Elektrotechnik I), das an der Hand zahlreicher Experimente einen Überblick über die Elektrotechnik gibt, und an das sich Übungen im Laboratorium während eines Nachmittags in der Woche für alle Zuhörer gemeinsam anschließen. Diese Vorlesungen und Übungen bieten den Architekten, Bauingenieuren, Chemikern und den Angehörigen der Abteilung für allgemeine Wissenschaften ihre gesamte Ausbildung in der Elektrotechnik und bilden für die Studierenden des Maschinenbaues und der Elektrotechnik und des Schiff- und Schiffsmaschinenbaues die Grundlage für den weiteren Unterricht. Die zuletzt genannten vier Kategorien hören im darauf folgenden Winter eine vierstündige Vorlesung (Elektrotechnik II), in der die Betriebseigenschaften der elektrischen Maschinen besprochen werden, und an die sich Laboratoriumsübungen anschließen, für welche ein ganzer Tag in der Woche zur Verfügung gestellt wird. Für die Maschinenbauer und Elektrotechniker schließt sich daran noch eine zweistündige Vorlesung im Sommersemester mit dazugehörigen Übungen an. Für die Elektrotechniker endlich wird auch noch in zwei

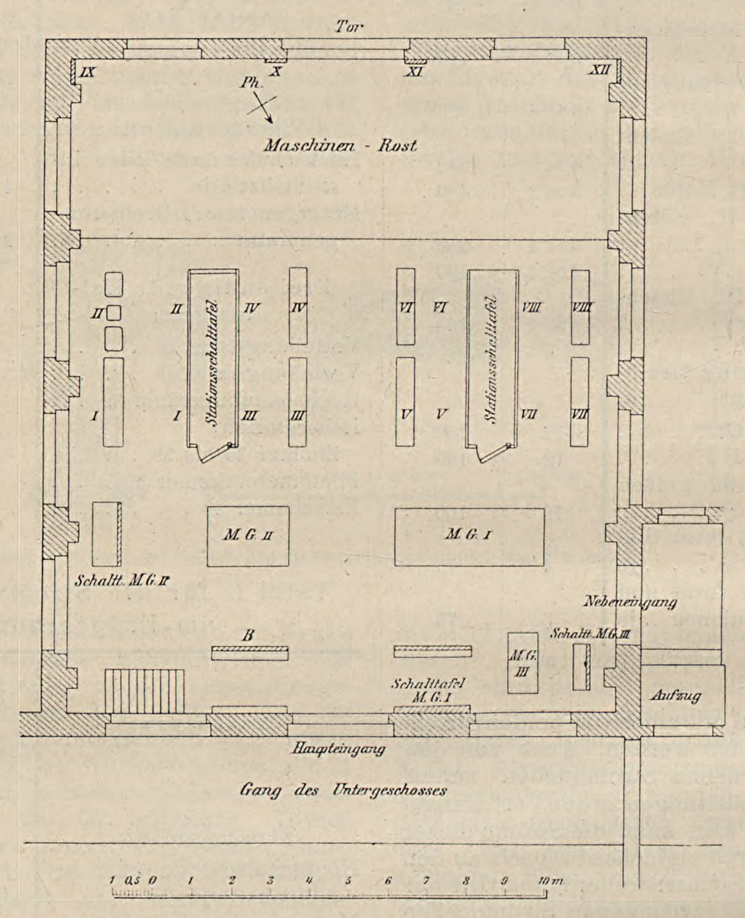


Abb. 11. Grundriß des Maschinensaales.

weiteren Semestern Zeit für Laboratoriumsübungen frei gehalten. Der Unterricht baut sich also auf breitester Grundlage für die Studierenden aller Abteilungen gemeinsam auf und spezialisiert sich dann immer mehr sowohl in bezug auf den Gegenstand wie auf den Kreis der Zuhörer. Vorlesungen, an die sich keine Laboratoriumsübungen anschließen, wie Konstruktion und Projektierung, sind im vorangehenden nicht berührt, weil sie mit der experimentellen Einrichtung des Instituts nicht in Zusammenhang stehen; sie bilden natürlich den Abschluß der Ausbildung.

Bei der geschilderten Unterrichtsorganisation ist es notwendig, den Zuhörern um so mehr Anregung und Erleichterung zu gewähren, je mehr die Elektrotechnik ihrem eigenen besonderen Interessengebiete fernliegt. Es wurde deshalb der höchste Wert darauf gelegt, den großen Hörsaal so einzurichten, daß darin mit möglichst wenig Zeitaufwand zahlreiche und vielseitige Experimente vorbereitet werden können, und die Übungssäle so auszurüsten, daß rein mechanische Arbeiten, wie Zusammentragen von Apparaten, Widerständen, Werkzeugen zur Herstellung von Schaltungen, tunlichst unterbleiben. Für den Architekten, Bauingenieur und Chemiker wäre diese Zeit geradezu verschwendet. Der Maschinenbauer, Schiffbauer und Elektrotechniker lernt die Handhabung von Schraubenschlüssel, Schraubenzieher, Zange und Feile an anderer Stelle. Auf die **geistige** Tätigkeit des Schaltens und Verstehens soll die vorhandene Zeit möglichst ausschließlich verwendet werden. Nie darf ein Studierender eine fertige Schaltung vorfinden. Stets muß er die von ihm zu benutzende selbst herstellen. Die Zeit für rein mechanische Arbeit muß ihm dabei erspart sein; die Denkarbeit aber muß ihm bleiben.

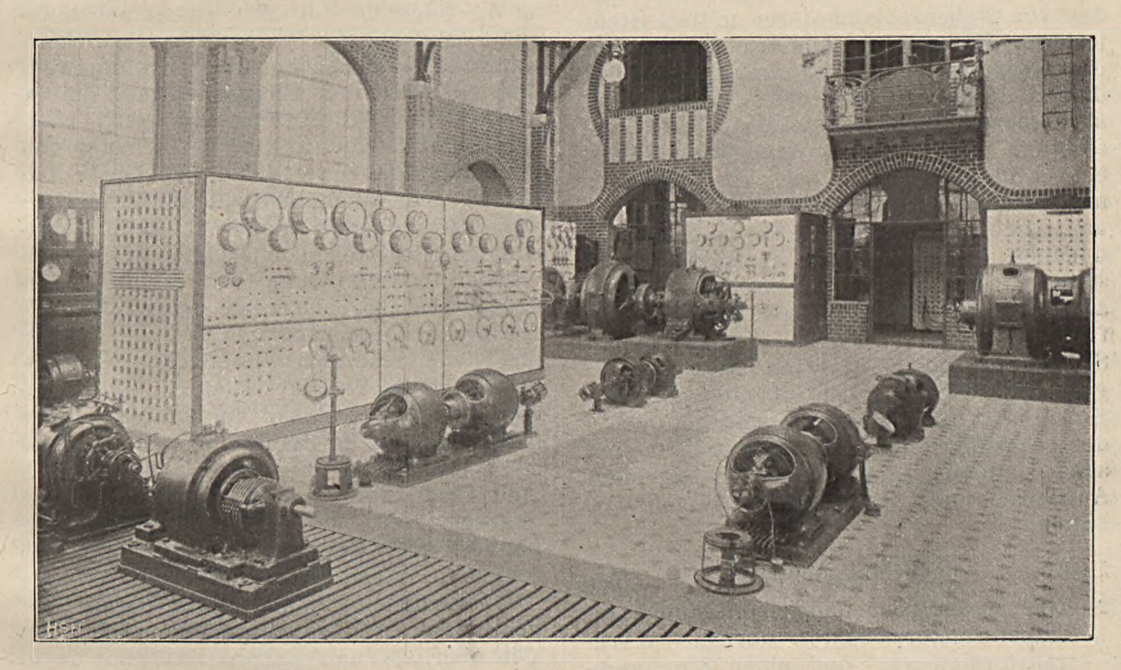


Abb. 12. Maschinensaal (vom Punkte *Ph*, Abb. 11, aus aufgenommen).

Der Maschinensaal. Von dem Maschinensaal gibt Abb. 11 einen Grundriß, Abb. 12 eine photographische Aufnahme von der in Abb. 11 mit *Ph* bezeichneten Stelle. Der Saal hat seinen Haupteingang vom Gange des Untergeschosses; gerade gegenüber befindet sich das schon erwähnte 3 m breite Tor, das ins Freie führt, und neben dem Aufzug liegt ein Nebeneingang. Der vordere, dem Gange zugewandte Teil des Saales ist mit Fliesen bedeckt, der hintere dagegen mit einem aus I-Trägern bestehenden frei tragenden Roste versehen. Beide Teile sind unterkellert und im Keller durch eine Mauer getrennt; der unter dem Roste befindliche Teil hat eine besondere Entwässerung für Bremswasser erhalten. Vom

Haupteingange aus rechts steht das Aggregat M. G. I mit seiner Schalttafel, weiter rechts in der Ecke neben dem Aufzug das Aggregat M. G. III ebenfalls mit seiner Schalttafel. Von dem Haupteingange links sehen wir die Verteilungstafel *B*. Noch weiter links befindet sich eine in das Kellergeschoß des Maschinensaales abwärts führende Treppe. Vor *B* steht das Aggregat M. G. II, seine Schalttafel befindet sich links vor einem Fensterpfeiler.

Für die regelmäßigen Übungen der Studierenden werden Generatoren, Motoren und Transformatoren aller modernen Arten von etwa 5 KW benutzt; die Generatoren werden von Nebenschlußmotoren mittels leicht lösbarer Kupplungen angetrieben. Sollen die Generatoren als Motoren arbeiten, so dienen die genannten Nebenschlußmotoren als Generatoren zur Bremsung. Jede Vereinigung von Generator und Motor bildet eine „Station". Die bei der Messung nötigen Instrumente, Schalter, Widerstände und Sicherungen sind in der in Zentralen üblichen Anordnung auf Marmortafeln installiert. Sie sind aber nicht miteinander verbunden, sondern endigen frei in Stöpselhülsen. Aufgabe der Studierenden ist es, diese Verbindungen durch Stöpselkabel vorn an den Schaltwänden selbst herzustellen. In der geschilderten Weise fest installiert sind acht Stationen, die, abgesehen von den Antriebsmotoren, folgende Maschinen enthalten:

1. Einen Nebenschlußgenerator.
2. Einen Drehstrom- und einen Einphasen-Transformator, beides normale Kerntransformatoren, und einen Einphasen-Transformator mit herausnehmbarem Eisenkern.
3. Einen Hauptstromgenerator.
4. Einen Drehstromgenerator.
5. Einen Hauptstromgenerator, mit dem unter 3. genannten zu einer Kraftübertragung zu vereinigen (die eine Hauptstrommaschine ist offen, die andere ventiliert gekapselt).
6. Einen Drehstromgenerator wie unter 4., mit diesem zu einer Kraftübertragung oder zu Parallelbetrieb zu vereinigen.
7. Einen asynchronen einphasigen Wechselstrommotor.
8. Einen asynchronen Drehstrommotor mit auswechselbarem Phasen- und Kurzschlußanker.

Die Maschinen arbeiten mit der normalen Spannung von 220 V; nur für die Gleichstromgeneratoren ist eine Betriebsspannung von 500 V gewählt worden, damit auch diese für manche Betriebe gebräuchliche Spannung von den Studierenden verwendet wird. Die Transformatoren sind für ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 gebaut. Bei dem Einphasen-Transformator sind die Enden der sämtlichen 12 Spulen nach außen geführt, so daß sie auch für andere Übersetzungsverhältnisse, für Sparbetrieb und für verschiedene Streuungen geschaltet werden können.

Die Aufstellung der genannten Stationen ist die folgende: Je zwei stehen nebeneinander und haben eine gemeinsame Schaltwand. Zwei benachbarte Schaltwände wenden einander den Rücken zu und haben einen Abstand von 1,25 m. Auf den Vorderwänden sind die Instrumente, Schalter und die Kontaktbahnen und -kurbeln der Widerstände, und hinten die Sicherungen und die Drahtverbindungen angebracht. Die Widerstände selbst stehen teils hinter den Schaltwänden, teils sind sie an der Decke des Kellergeschosses aufgehängt; sie sind größtenteils im Institut berechnet und gebaut worden und haben sämtlich die gleichen Kontaktbahnen und -kurbeln erhalten. Der zwischen je zwei Schaltwänden befindliche Gang wird (vom Haupteingange des Maschinensaales aus gerechnet) vorne durch eine Türe, hinten durch eine Marmortafel abgeschlossen, die außen eine Lampenbatterie von $9 \times 6 + 9 \times 10$ Lampen und von folgender Einrichtung trägt: 9 vertikale Doppelschienen mit je 6 daran parallel angeschlossenen Lampenfassungen befinden sich oberhalb und ebenso viele mit je 10 parallel angeschlossenen Fassungen unterhalb von 4 mit Löchern versehenen horizontalen Kontaktschienen. An die Doppelschienen der Lampen sind biegsame Drähte angeschlossen, die in Stöpseln endigen und durch Einstecken in die Löcher der Kontaktschienen die Lampengruppen parallel oder in Stern oder Dreieck schalten können. Für Reihenschaltung sind zwischen je zwei Doppelschienen kurze Kontaktstücke mit je zwei Löchern angebracht.[1])

Sämtliche acht Stationen sind an den gleichen, hinter der Schalttafel M. G. I befindlichen Umschlaghebel (Abb. 6a) angeschlossen und können durch diesen mit der Hochschulzentrale oder der Instituts-

[1]) Die Einrichtung dieser Lampentafeln ist nach dem Vorbilde des Elektrotechnischen Laboratoriums der Technischen Hochschule, Berlin, getroffen, für welche sie seinerzeit von Professor Klingenberg entworfen worden ist.

batterie verbunden werden. Alle Stationen haben ferner Anschlüsse an die Tafel *B* (siehe Tabelle S. 13) und, so weit sie zusammen zu arbeiten haben, auch unmittelbare Verbindungen unter sich. Jede der vier Stationstafeln hat an der Trennstelle zweier Stationen einen Telephonanschluß. Die Installation dieser Schalttafeln ist von den Siemens-Schuckertwerken nach dem Projekte des Instituts ausgeführt worden.

Außer den geschilderten acht feststehenden Stationen sind auf dem Roste noch Einrichtungen für die Herstellung „fliegender" Stationen getroffen. Zu diesem Zwecke sind von der Schalttafel *B* aus 24 Leitungen in Gruppen von je 6 bis an die den Rost umgebenden Mauern (unter dem Rost als Flußkabel) geführt. Je vier Leiteranschlüsse sind für Ergänzungen vorgesehen; auch zwei Telephonanschlüsse sind vorhanden. Bei Untersuchung der auf dem Roste stehenden Maschinen werden die Schaltungen unter Benutzung tragbarer Instrumente, Schalter und Widerstände ausgeführt, wie in Fabriklaboratorien. Für sämtliche Anschlüsse werden Normalklemmen und Normalkabelschuhe benutzt. Normalklemmen sind in zwei Größen vorhanden und durchgehends verwandt. Die Normalkabelschuhe für Ströme mittlerer Stärke sind so eingerichtet, daß sie für beide Normalklemmen passen (Abb. 13); sie sind aus Rotguß hergestellt und verzinnt, über ihre Lötstellen ist eine 40 mm lange Stahlspirale geschoben und mit Schuh und Kabel verlötet, und diese Spirale endlich ist mit einem Schlauch von „Idealgummi" umkleidet. Diese Anschlußart hat sich auch bei intensiver Benutzung gut bewährt. Die Instrumente und Schalter sind auf Brettern von normaler Länge befestigt und können mit diesen in Rahmen eingesetzt werden, welche teils an der Wand, teils an tragbaren Ständern angebracht sind, die für liegende Instrumente noch eine horizontale Platte tragen. Die Einrichtung dieser Rahmen zeigt Abb. 14. Die Bretter stehen frei in der unteren Nut; dabei läßt die obere Nut noch so viel Spielraum, daß die Bretter emporgehoben und nach vorn herausgezogen werden können. Sämtliche Widerstände sind auf Rollen mit Kugellagern gestellt, oder können auf „Rollknechten" transportiert werden. Zur Fortbewegung der Maschinen dient ein fahrbarer Auslegerkran von 1500 kg Tragkraft von Piechatzek in Berlin; durch eine Klappe im Fußboden des Saales können die Maschinen auch mittels des Kranes in den Keller geschafft werden.

Die Arbeiten, welche die Architekten, Bauingenieure, Schiffbauer und Chemiker im Maschinensaale ausführen, beschränken sich auf einige Betriebsmessungen an den normalen Maschinen der festen Stationen. Die Maschinenbauer und Schiffsmaschinenbauer machen noch einige Untersuchungen auf dem Prüffelde (Rost), während die Elektrotechniker dort auch die vorhandenen neueren Spezialmaschinen untersuchen. Als solche sind zu nennen: z. B. eine Rosenberg-Maschine der Allgemeinen Elektricitäts-Gesell-

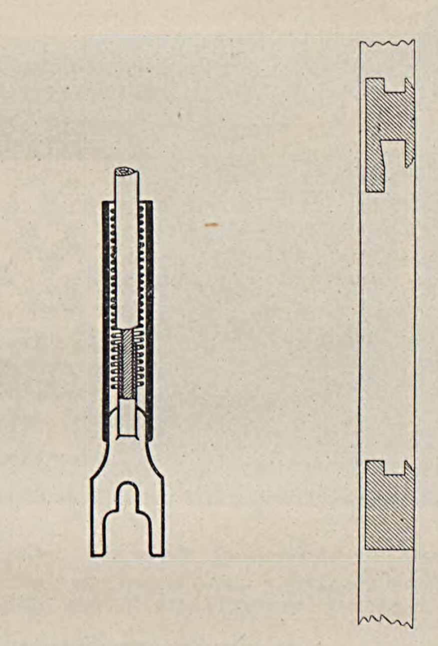


Abb. 13. Normalkabelschuh für schwächere Leitungen. Abb. 14 Tragleisten der transportablen Schalttafel-instrumente.

schaft, ein einphasiger Wechselstrom-Kollektormotor der Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke, schaltbar als kompensierter Serien-, Repulsions-, Winter-Eichberg- und Doppelschluß-Motor, je ein Einankerumformer der Siemens-Schuckertwerke und der Westinghouse-Gesellschaft, ein einphasiger Hochfrequenzgenerator für 10 000 Perioden, System Thury, ein Kranmotor der Bergmann-Elektricitäts-Werke, Kaskadenmotoren und Kaskadenumformer der Elektromotoren-Werke Heidenau und andere mehr.

Bei der Lieferung aller im Institut befindlichen Maschinen haben die Lieferanten das dankenswerteste Entgegenkommen gezeigt, teilweise dem Institut auch wertvolle Geschenke zugewiesen.

Der große Hörsaal und der Sammlungsraum. Der große Hörsaal hat für die Studierenden eine Eintrittstür vom Gange des Obergeschosses aus, und eine zweite an der früher erwähnten Nebentreppe, welche zu den hintersten Sitzreihen führt; die Sitze steigen amphitheatralisch so stark an, daß unter den hinteren Reihen noch Raum für eine Kleiderablage gewonnen ist. Der Dozent betritt den Hörsaal aus dem Vorbereitungszimmer. Zwischen der Türe dieses Zimmers und der des Ganges sehen wir (Abb. 15) zwei Schreibtafeln, und zwischen diesen die in Abschnitt III erwähnte Schalttafel für M. G. I; diese Schalttafel ist im Vorbereitungszimmer von hinten zugänglich. Hinter dem unteren Teile einer der beiden senkrecht verschiebbaren Schreibtafeln liegen Gas- und Wasseranschlüsse.

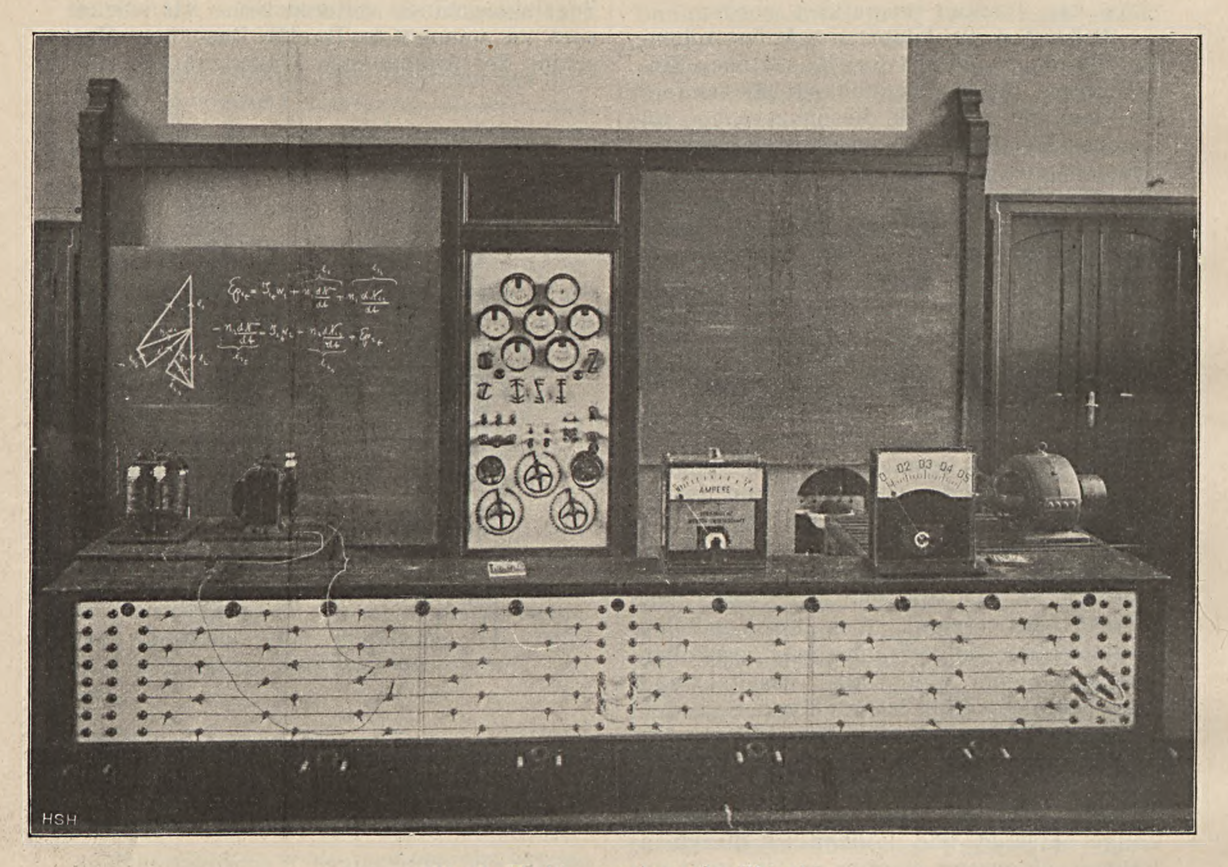


Abb. 15. Einrichtungen im großen Hörsaal.

Neben der Eingangstür für die Studierenden befindet sich an derselben Wand nahe der Ecke auf einer Marmortafel eine Glühlampenbatterie, und neben der Tür des Vorbereitungszimmers nahe der anderen Ecke die gemeinsame Schalttafel für die Beleuchtung und die Verdunkelung des Saales. Die Verdunkelungsvorrichtung wird durch Elektromotoren angetrieben, die im Dachraume stehen. Die Beleuchtung geschieht durch 10 Girlanden mit je 10 Glühlampen; 6 von diesen Girlanden sind quer zur Achse des Saales zu je zweien hintereinander aufgehängt, und die 4 übrigen verbinden die äußeren Enden der Quergirlanden; außerdem sind 8 Wandarme mit je 2 Lampen vorhanden. Die Schaltanordnung ist so getroffen, daß der Saal auch teilweise erleuchtet werden kann, ein Bedürfnis, das besonders bei der Vorführung von Lichtbildern vorliegt. Der Bildwerfer ist geliefert von Schmidt & Haensch in Berlin, mit einer Lampe von 35 Amp ausgerüstet, und vermag damit auch undurchsichtige Bilder, oder liegende oder stehende Apparate deutlich sichtbar zu pro-

jizieren. Er ist in der Mitte der höchsten Sitzreihe aufgestellt und wirft die Bilder auf die oberhalb der Tafeln weiß gestrichene Wandfläche, so daß die Schreibtafeln auch während der Vorführung von Bildern benutzt werden können. Der Saal ist mit einem dunkelgrün gestrichenen hölzernen Tonnengewölbe überdeckt und hat braun gestrichene Wände, eine Farbenzusammenstellung, die im natürlichen Licht und besonders bei der künstlichen Beleuchtung durch die Girlanden von Glühlampen einen außerordentlich ruhigen und warmen Ton ergibt. Türen, Bänke und Sitze sind in demselben Ton gehalten. Die Zahl der Sitzplätze beträgt 196.

Im Gegensatz zu den üblichen Einrichtungen ist für die Vorführung von Versuchen statt eines Experimentiertisches eine freistehende Marmorwand von 7 m Länge und 0,8 m Höhe vorgesehen, die in einem Abstande von 1,7 m von den Schreibtafeln und von der ersten Sitzreihe aufgestellt ist. Diese Wand (Abb. 15) trägt an der hinteren Seite 2×8 horizontale Kupferschienen, die zu je 8 übereinander auf der linken und rechten Seite der Tafel angebracht sind. Diese Schienen endigen in Stöpselhülsen und sind außerdem mit je 5 gleichmäßig über ihre Länge verteilten, auf der Vorderseite der Tafel angebrachten, insgesamt 80 Anschlußklemmen verbunden. Neben den Enden der 8 Schienen, aber davon getrennt und durch Stöpselkabel an sie anschließbar, liegen auf der rechten Seite je 2 miteinander verbundene Stöpselhülsen, an welche die von der Schalttafel des Hörsaales aus regulierbare Drehstrommaschine von M. G. I mit 4 Leitungen, die dazugehörige Gleichstrommaschine mit 2 Leitungen und je nach der Stellung des entsprechenden Hebels hinter der Schalttafel von M. G. I die Hochschulzentrale oder die Institutsbatterie mit 2 Leitungen angeschlossen ist. Den linken Enden der Schienen gegenüber befinden sich 12 Stöpselhülsen, welche mit der Schalttafel *B* im Maschinensaal in Verbindung stehen und dadurch an jede beliebige, im Maschinensaal oder sonstwo im Hause stehende Stromquelle angeschlossen werden können, und 4 Stöpselhülsen mit Leitungen, die zum Bildwerfer führen, so daß dort Strom für zu projizierende Experimente verfügbar ist. Zur Erleichterung des Verkehrs mit anderen Räumen, welche für Versuche mit dem Hörsaal verbunden werden müssen, ist in der Mitte und an beiden Enden der Experimentierschalttafel und außerdem an der Wand neben der Schalttafel für die Beleuchtung des Hörsaales je ein Telephonanschluß vorgesehen. Die Schalttafel hat ferner 8 Steckanschlüsse für Beleuchtung erhalten. Alle diese Einrichtungen, insbesondere die sofortige Betriebsbereitschaft von Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom von jeder vorkommenden Stärke und Spannung, und die Möglichkeit, an irgend einer Stelle der Schalttafel diese Ströme allein oder gleichzeitig zu entnehmen, haben sich als außerordentlich fruchtbringend erwiesen. Die verwickeltesten und zahlreichsten Versuche, die in einem Vortrage vorzuführen waren, haben sich dadurch stets mit relativ sehr geringem Zeitaufwande vorbereiten lassen.

Die Schaltwand wird von hinten gehalten durch schräg in den Boden gesetzte eiserne Stützen. Durch deren Umkleidung hat sich im Anschluß an die Schaltwand eine horizontale Tischfläche von 35 cm Breite ergeben, auf welche kleine Apparate gestellt werden können. Die Hauptversuche werden aber auf fahrbaren Tischen vorgenommen, welche, auf Rollen in Kugellagern laufend, hinter oder vor die Schaltwand geschoben werden. Für die Feststellung dieser Tische wird eine Vorrichtung benutzt, wie sie auch für fahrbare Turngeräte Verwendung findet; sie ist von der Fabrik für Turngeräte, von A. Zahn in Berlin, bezogen worden. Um schwere Apparate bequem aus den Sammlungsschränken auf diese fahrbaren Tische setzen zu können, sind die Schrankböden, auf welche die Apparate gestellt sind, in der Höhe der Tische in den Schränken auf Rollen in Kugellagern gelagert und können daher mitsamt den Apparaten aus den Schränken heraus auf die Tische gezogen werden. Auch die in anderer Höhe befindlichen Böden der Sammlungsschränke sind ausziehbar gemacht, wodurch die Verwendung tieferer Schränke und daher eine bessere Raumausnutzung ermöglicht worden ist. Die Schränke haben eine Tiefe teils von 120, teils von 70 cm und sind an den Wänden des Sammlungsraumes aufgestellt. Um ein übersichtliches und ansprechendes Bild zu geben, sind nicht die üblichen Holzschränke, sondern Ausstellungsschränke von einer Fabrik für Geschäftseinrichtungen (Paul Stabernack & Co., Berlin) aus Glas und Eisen mit Schiebetüren auf Kugellagerrollen bezogen worden. Eine Anschauung von dieser Einrichtung gibt Abb. 16, welche eine Ecke des Sammlungsraumes darstellt. Man sieht, wie eine Schrankplatte, die einen schwe-

ren Apparat trägt, teilweise herausgezogen ist, und bemerkt vor den Schränken zwei der fahrbaren Tische mit einigen im Institut gebauten Demonstrationsapparaten, welche weiter unten beschrieben werden sollen.



Abb. 16. Sammlungsschränke für die Vorlesungsapparate.

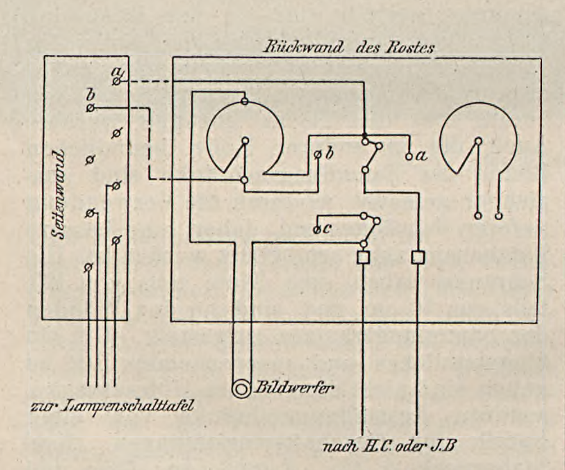


Abb. 17. Schaltung des Vorschaltwiderstandes für den Bildwerfer.

Am rechten Ende der Schaltwand des Hörsaales, dem Aufzuge zugewandt, ist hinter ihr ein 1,3 m langer Rost montiert, auf welchem die im Hörsaale vorzuführenden Maschinen aufgestellt werden. Daneben haben drei der fahrbaren Tische hinter der Schaltwand Platz, und links davon ist dann noch ein Raum von etwa 3 m Breite für größere Versuchseinrichtungen frei. Dieser vor der Eingangstüre des Dozenten liegende Raum wird bei Versuchen mit Hochspannung allseitig bis zu den Fenstern durch ein Gitter abgetrennt, welches so eingerichtet ist, daß es nur dann den Durchgang freigibt, wenn der Raum spannungslos ist. Für diese Versuche sind oberhalb der genannten Tür drei auf 100000 V isolierte Klemmen angebracht, welche an ein nach dem Hochspannungslaboratorium führendes Drehstromkabel für die gleiche Spannung angeschlossen sind. Letzteres ist ein Geschenk der Land- und Seekabelwerke, Köln-Nippes. Der Platz unterhalb des oben erwähnten Rostes ist zur Aufstellung des Vorschaltwiderstandes für den Bildwerfer ausgenutzt, welcher, da er etwa 175 V bei 35 Amp zu vernichten hat, nicht unbedeutende Abmessungen aufweist. Um diesen Widerstand noch weiter zu verwerten, wurde er noch über seinen notwendi-

gen Wert hinaus (bis auf 49 Ohm) vergrößert und als Kurbelwiderstand ausgebildet. Für seine Schaltung ist eine Marmortafel auf der Rückwand angebracht. Nach Abb. 17 bestehen für diesen Widerstand folgende Verwendungsmöglichkeiten: 1. ist der obere Hebel geschlossen, so ist der Bildwerfer angeschlossen und kann durch einen bei der Lampe befindlichen Schalter eingeschaltet werden; 2. sind der obere und der untere Hebel geschlossen, so kann zwischen *c* und *b* ein Verbrauchsapparat eingeschaltet werden, dem der Kurbelwiderstand als Vorschaltwiderstand dient; 3. sind beide Hebel offen, so ist der Kurbelwiderstand von der Stromquelle abgetrennt und bei Anschluß an *a* und *b* für einen beliebigen Zweck verwendbar. Bei Schaltung 2 kann der Widerstand also z. B. als Anlaßwiderstand eines Motors, bei 3 als Belastungswiderstand einer auf dem Rost stehenden Dynamo benutzt werden. Um eine solche Maschine sogleich betriebsbereit zu haben, ist unter dem Roste ferner noch ein Kurbelwiderstand bis 62 Ohm für 2 Amp eingebaut worden, der zur Regelung der Erregung dienen kann. Eine auf der Schmalseite der Schaltwand angebrachte kleine Tafel endlich hat 4 Anschlüsse an die 4 Schienen der oben erwähnten Lampenbatterie, welche so eingerichtet ist wie die Lampentafeln im Maschinensaal.

Für die Vorführung der Betriebseigenschaften elektrischer Maschinen, über die in regelmäßigem Kurse eine vierstündige Wintervorlesung gehalten wird, erschienen noch besondere Einrichtungen erwünscht, welche die Versuchsvorbereitungen möglichst abkürzen. Zu diesem Zweck ist ein fahrbarer Schalttisch für Gleichstrom- und ein solcher für Wechselstrommaschinen gebaut worden.[1]) Der Gleichstromtisch (Abb. 18) möge hier kurz beschrieben werden: Auf ihm stehen nebeneinander und durch

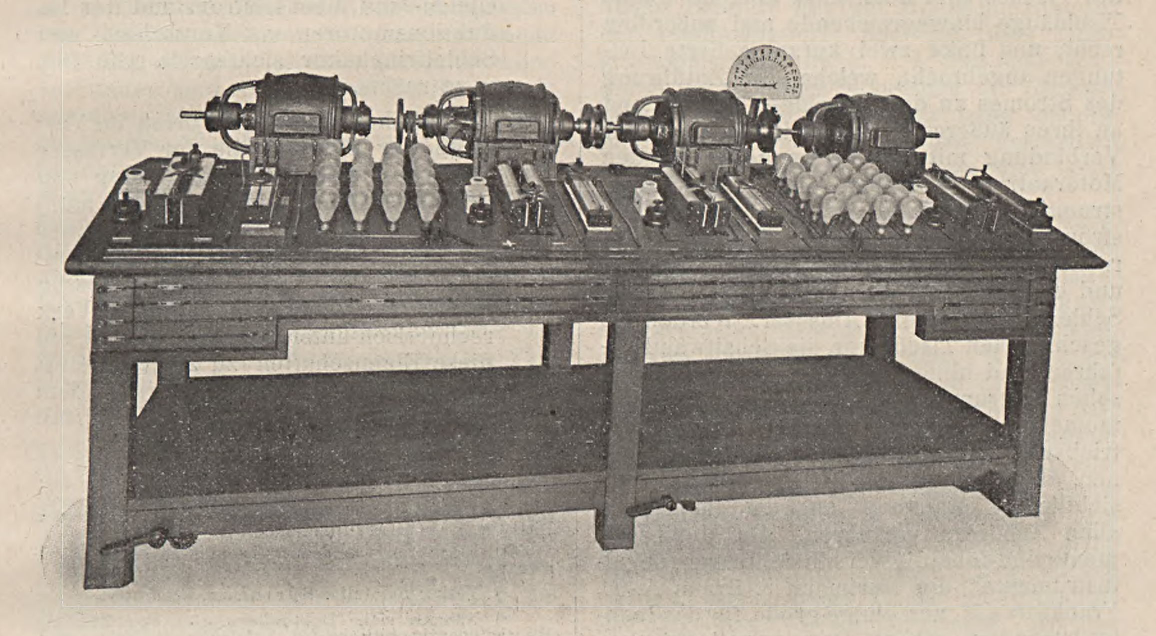


Abb. 18. Fahrbarer Maschinentisch für Vorlesungsversuche.

lösbaer Kupplungen verbunden, auf horizontaler Platte vier Motoren von je 1 PS, die beiden mittleren mit Nebenschluß-, die äußeren mit Hauptstromerregung versehen. Die Drahtenden sowohl der Anker- wie der Erregerwicklungen sind nach außen zu je einem vorne auf den Maschinen angebrachten Kontaktbrett geführt. Sämtliche Kontakte des ganzen Tisches bestehen aus schmalen Schienen von 5 mm Dicke mit je zwei aus einfachen Bohrungen bestehenden Stöpsellöchern. In alle Anker- und Erregerkreise ist je ein Schieberwiderstand geschaltet, in die Ankerkreise außerdem noch je eine Sicherung und ein Dosenschalter. Sowohl die Anker wie die Erregerkreise sind auf den Kontaktbrettern der Maschinen zur Zwischenschaltung von Instrumenten

[1]) Entworfen von dem Assistenten Dr.-Ing. Philippi.

unterbrochen. Auf dem Tische befinden sich ferner zwei Lampenbatterien von je 20 Lampen, die durch Einschrauben in die Fassungen eingeschaltet werden. Zur Verbindung der Maschinen untereinander sind nahe dem vorderen Rande des Tisches je zwei blanke Messingschienen mit zahlreichen Stöpsellöchern befestigt. Alle diese Schalteinrichtungen liegen auf einer pultartig schrägen Fläche und können daher von jedem Platz des Hörsaales aus übersehen werden. Auf der senkrechten Vorderwand des Tisches sind noch zwei über die ganze Tischlänge hinwegreichende und außerdem rechts und links zwei kurze isolierte Leitungen angebracht, welche der Zuführung des Stromes zu den Maschinen dienen, und an ihren äußeren Enden mit Klemmen zur Verbindung mit den Stromquellen für den Motorantrieb versehen sind. Der Drehstromtisch enthält in der Mitte zwei Gleichstrom-Nebenschlußmotoren, und links und rechts davon einen Drehstromgenerator und einen asynchronen Drehstrommotor mit Schleifringanker und Anlasser. Werden die geschilderten Tische vor die Schaltwand gefahren und hinter den Motoren die elektrischen Instrumente, Tachometer und Dynamometer aufgestellt, so lassen sich alle Betriebseigenschaften der elektrischen Maschinen, als Generatoren und Motoren, in übersichtlicher Schaltung auf das bequemste allen Zuhörern vorführen. Als Meßinstrumente sind dabei die weithin sichtbaren „Schulinstrumente" der Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a.M. und einige große, für das Institut besonders gebaute Demonstrationsinstrumente der Weston-Gesellschaft in Gebrauch.

An weiteren, im Institut entworfenen und gebauten Demonstrationseinrichtungen mögen noch die folgenden erwähnt werden:

Eine Induktionskupplung.[1])

Ein Apparat zur Vorführung verschiedener Wechselstromerscheinungen, insbesondere am Transformator.[2])

Ein Vorlesungsinstrumentarium für Wechselstromerscheinungen und elektromagnetische Schwingungen.[3])

Ein größerer Elektromagnet mit 16 freiendigenden Spulen und ausziehbarem, aus Drähten bestehenden Eisenkern

[1]) Veröffentlicht von dem Verfasser in einem Buch über Wechselstrom- und Drehstrommotoren, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1901, S. 3.

[2]) Veröffentlicht von dem Dozenten Dr. K. Simons, „ETZ" 1906, S. 448.

[3]) Veröffentlicht durch den Assistenten Dr.-Ing. van Cauwenberghe, „ETZ" 1909, S. 1015.

von 92 mm Durchmesser für Gleich- und Wechselfelder bis zu $\mathfrak{B}_{max.} = 17000$ in der Mitte und 7000 am Ende, sichtbar in Abb. 16 in der Mitte.[1])

Eine Anzahl Maschinenmodelle, bestehend aus sechs vertikal stehenden verschieden bewickelten Ankern, zwei ebenfalls um eine vertikale Achse drehbaren und drei festliegenden Magnetsystemen zur Vorführung der wichtigsten Betriebseigenschaften der Generatoren und der Kollektormotoren für Gleich- und Wechselstrom und der Induktionsmotoren mit Kurzschluß- und Schleifringanker, sichtbar in Abb. 16[2]) vorn rechts.

Ein künstliches Kabel, entworfen im Verfolge der Studien, die der Verfasser in einem Buche über Fernleitung von Wechselströmen veröffentlicht hat.[3]) Dieses Kabel gibt das Verhalten eines für 10000 V und 50 Perioden bestimmten natürlichen Kabels wieder, dessen Eigenschaften in dem genannten Werk rechnerisch untersucht sind, und ist, um diese Eigenschaften zu zeigen, selbst mit 100 Perioden zu speisen.[4]) In dem genannten Buche ist dieses Kabel mit 8 bezeichnet.

[1]) Berechnet und entworfen von den Assistenten Dipl.-Ing. Lambertin und Meyer.

[2]) Entworfen von dem Assistenten Dipl.-Ing. Lambertin.

[3]) Verlag von Julius Springer, Berlin 1905.

[4]) Näheres siehe Doktordissertation von Dipl.-Ing. David über theoretische und experimentelle Untersuchungen eines künstlichen Hochspannungskabels, Danzig. Im Erscheinen begriffen.

David stellt zunächst in einem theoretischen Teile dieser Arbeit für ein künstliches Kabel mit Elementen, die in bekannter Weise aus je einem selbstinduktionslosen Widerstande, einer regelbaren Selbstinduktion und einem Hochspannungskondensator bestehen, Gleichungen auf und formt die in dem unter [3]) genannten Buche für natürliche Kabel entwickelten so um, daß beide in der mathematischen Form völlig übereinstimmen. Daraus entwickelt er den Begriff eines dem natürlichen Kabel „gleichwertigen" künstlichen Kabels. Aus der Gegenüberstellung der Gleichungen leitet er den Unterschied ab, der naturgemäß immer bestehen muß, so lange die Elemente des künstlichen Kabels von endlicher Größe sind, und lehrt die Zahl der Elemente berechnen, welche verwendet werden müssen, wenn die Abweichung von Spannung und Strom in entsprechenden Punkten beider Kabelarten einen gewissen Prozentsatz nicht überschreiten soll. Er beweist dann, daß in zwei künstlichen Kabeln, deren Elemente die Widerstände w_1 und w_2, die Kapazitäten c_1 und c_2 und die Selbstinduktanzen L_1 und L_2 haben, und die mit Strömen von den Frequenzen ν_1 und ν_2 gespeist werden, die Spannungen, Stromstärken und Leistungen sich nach gleichen Gesetzen verteilen, wenn

$$\frac{\nu_2 L_2}{\nu_1 L_1} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{\nu_1 c_1}{\nu_2 c_2} = \varepsilon = \text{konst.}$$

Hieraus entwickelt er ein Verfahren, ein künstliches Kabel durch ein anderes von bequemeren elektrischen Daten mit dem „Maßstabe" ε „abzubilden". Über die danach gewählten Daten des künstlichen Kabels, seine Konstruktion und die Ergebnisse der an ihm angestellten Untersuchungen enthält die Dissertation genaue Angaben.

Ein künstliches Kabel mit denselben elektrischen Eigenschaften wie das obige, aber für den Betrieb mit Niederspannung geeignet.[1])

Die Laboratorien für Anfänger und Fortgeschrittene. Die Säle 21 und 22 für Anfänger und Fortgeschrittene enthalten je eine Stöpseltafel, diese ist in 21 mit acht, in 22 mit vier Leitungen an die Verteilungstafel *D* und in beiden Sälen mit je vier Leitungen an die Dreizellen-Batterie angeschlossen. Saal 21 und 22 enthalten, an der Decke geführt, acht beziehungsweise vier Ringleitungen von 10 qmm, mit denen in beiden Räumen je fünf Anschlußstellen verbunden sind, jede Anschlußstelle besteht aus einer Schiefertafel mit je acht beziehungsweise vier Klemmen, von denen die Leitungen zu den Ringleitungen empor geführt sind. Die Ringleitungen sind in jedem Saale mit der Stöpseltafel verbunden. Die Klemmenanschlüsse sind teils an den Fensterpfeilern, teils an den gegenüber liegenden Wänden angebracht und versorgen die an diesen aufgestellten Experimentiertische mit Strom. Die in der Mitte der beiden Säle stehenden Tische erhalten ihre Stromzuführung durch Leitungen, die im Fußboden in Stahlpanzerrohren verlegt und unter den Arbeitsplätzen zu kleinen wasserdichten Anschlußkästen geführt sind, die einfache für Steckkontakte bestimmte Anschlußdosen enthalten. Auch diese Leitungen sind an die Stöpseltafeln geführt. Jeder Arbeitsplatz kann also durch Stöpselung an der Tafel des Saales mit einem, zwei oder drei Elementen der kleinen Batterie, durch Stöpselung an dieser Tafel und an der im benachbarten Assistentenzimmer befindlichen Tafel *D* mit der Hochschulzentrale, der Institutsbatterie und mit dem Drehstromgenerator von M. G. I, und schließlich durch gleichzeitige Stöpselung der Zimmertafel und von *D* und *B* mit jeder beliebigen Stromquelle des Hauses verbunden werden. Fliegende Leitungen sind ganz entbehrlich.

Für die Ablesungen der Spiegelinstrumente werden bei allen Nullmethoden objektive Verfahren verwendet. Die Instrumente und die dazugehörigen mit Skalen ausgerüsteten Laternen sind an den Fensterpfeilern der Säle angebracht. Ablesungen mit Fernrohren werden nur in den Fensterecken an den Schmalseiten der beiden Säle ausgeführt. Für die Eichung technischer Instrumente und Zähler sind in der Trennwand beider Säle auf beiden Seiten lange Holzrahmen angebracht, in welche die auf Normalbrettern befestigten Instrumente eingeschoben werden können. Vor diesen Rahmen stehen lange Tische zur Aufnahme der liegenden Normalinstrumente. An den unteren Flächen der Tischplatten sind so viele Leitungen längs der ganzen Tischlänge verlegt, wie Ringleitungen im Saale vorhanden sind, und in gleichmäßigen Abständen mit nach oben durchgeführten Klemmen versehen. Da sich neben jedem Tisch an der Wand eine Klemmentafel mit Anschluß an die Ringleitungen befindet, so kann man jeder Stelle des Tisches auf das bequemste alle Ströme zuführen. Durch die bequeme Zufuhr beliebiger Ströme an alle Arbeitsstätten ist es möglich, mit der Verwendung der Arbeitsplätze entsprechend dem Fortgang des Unterrichts beliebig zu wechseln und die Unzuträglichkeiten tragbarer Stromquellen zu ersparen.

Der Vorraum 23 wird für Versuche benutzt, bei denen chemische Prozesse auftreten, er enthält deshalb ein Digestorium. Für die Untersuchung von Akkumulatorzellen sind an einer Wand zwei Ladetafeln angebracht, welche an die Dreizellenbatterie angeschlossen sind. Sie enthalten die für

---

[1]) Berechnet und entworfen von dem Assistenten Dr.-Ing. van Cauwenberghe. Für den Betrieb wird der früher erwähnte Wechselstromgenerator für 220 V und 5000 Perioden gewählt, wobei sich sehr kleine äußere Abmessungen des Kabels ergeben. Die Berechnung geht von der von David bewiesenen Tatsache aus, daß für die Darstellung des Kabels 8 bei 150 km Länge ein künstliches Kabel mit sechs Elementen genügt, und daß den Elementen dabei die Daten zu geben sind, die einer Kabelstrecke von 150 : 6 = 25 km entsprechen. Nach dem unter [3]) genannten Buche hatte das genannte natürliche Kabel die Daten pro 25 km:

$$w_1 = 3{,}74 \text{ Ohm},$$
$$L_1 = 0{,}00775 \text{ Henry},$$
$$c_1 = 5{,}375 \text{ Mikrofarad},$$

und bei 10000 V einen Kurzschlußstrom von 356 Amp. Bei 220 V wäre dieser Strom also 7,84 Amp. Da ein großes Demonstrationsamperemeter für etwa 5 Amp zur Benutzung vorhanden war, so wurde ein Maßstab $\varepsilon = 1{,}554$ gewählt, und es ergab sich für eine Frequenz von 5000 pro Kabelelement:

$$w_2 = 5{,}809 \text{ Ohm},$$
$$L_2 = 0{,}1202 \text{ Millihenry},$$
$$c_2 = 0{,}0346 \text{ Mikrofarad}.$$

Die Kapazitäten werden gebildet aus billigen Papierkondensatoren der Siemens & Halske A.-G. (je 2 Mikrofarad in Papiermachégehäusen 5 M), und durch den Druck einer Schraube geregelt, sie sind durch Wechselstrom bei 5000 Perioden unmittelbar geeicht worden. Jeder Kondensator ist in einem kleinen Holzkasten von 135×75 mm Oberfläche und 37 mm Höhe untergebracht. Die Selbstinduktionen werden erzeugt durch Spulen aus Litzendraht von etwa 50 Windungen, über eine kleine Rolle von 75 mm Flanschendurchmesser und 45 mm Höhe gewickelt. Für die Ohmschen Widerstände schließlich ist die Form der bekannten Schieberwiderstände von Gebr. Ruhstrat gewählt worden; diese sind bifilar gewickelt und nur in geringem Maße von der Periodenzahl abhängig (5,663 Ohm bei 5000 Perioden und 5,763 Ohm bei 8420 Perioden). Das ganze Kabel ist auf einem Brette von 1730×275 mm aufgestellt und so eingerichtet, daß man durch wandernde Stöpsel mit Hilfe eines gewöhnlichen Hitzdraht-Volt- und Amperemeters in bequemster Weise das elektrische Verhalten in scheinbaren Abständen von 25 km ablesen kann. Die Messung der Phasenverschiebungen macht bei dieser Periodenzahl freilich Schwierigkeiten, doch dürfte sie auf thermoelektrischem Wege möglich sein. Abb. 16 zeigt dieses Kabel im Vordergrunde auf zwei Schemeln liegend.

die Ladung und Entladung nötigen Instrumente, Schalter und Widerstände; doch müssen die Verbindungen, wie im Maschinensaal, erst durch die Studierenden hergestellt werden. Der Tisch, welcher die Zellen aufnimmt, ist mit einer chemisch unempfindlichen Schwärzung versehen.

Das Photometerzimmer. Das Photometerzimmer besteht, wie üblich, aus einem verdunkelbaren Raum mit schwarzen Wänden und schwarzer Decke, und ist mit einem Fußbodenbelag aus dunkelgrünem Linoleum versehen. Es enthält für Bogenlampenuntersuchungen zwei Bänke von je 4 m Länge, für Glühlampenmessungen, durch einen schwarzen Friesvorhang abgetrennt, eine Bank von 2,50 m Länge. Eine Schalttafel aus Schiefer trägt fest montiert alle notwendigen Schalter, Widerstände und Meßinstrumente, die letzteren in schwarzen Gehäusen mit schwarzen Skalenblättern und weiß aufgezeichneter Teilung. Die Verbindungen müssen wiederum von den Studierenden durch Stöpselung hergestellt werden. Neben der Schalttafel an der Wand sind zwei schwarze Rahmen zur Aufnahme von Hilfsapparaten, wie Drosselspulen, Transformatoren angebracht. Für die Photometrierung ist die übliche Apparatur vorhanden, wie eine Anzahl Hefner-Lampen, Schirme mit Bunsenschem Fettfleck, ein Lummer-Brodhunscher Schirm, ein Webersches Photometer usw. Zur Untersuchung steht eine größere Anzahl von Bogenlampen verschiedenster Typen zur Verfügung.

Das Eichzimmer. Das Eichzimmer enthält sechs Paar an der Decke nahe den Wänden befestigte Ringleitungen, und zwar zwei Paar von 10 qmm und vier Paar von 50 qmm. Die stärkeren sind gekreuzt, die schwächeren verdrillt. Die an *C* (s. S. 13) angeschlossene Verteilungstafel des Zimmers ist mit den Ringleitungen verbunden; in die Verbindungsleitungen sind auf der Tafel Patronensicherungen eingeschaltet, die gleichzeitig als Trennschalter dienen. Die Verteilungstafel trägt außerdem sechs Anschlußklemmen; drei weitere Anschlußtafeln mit sechs Klemmen sind an den Wänden des Raumes verteilt. Der in der Mitte des Zimmers auf gewachsenem Boden stehende Sandsteinpfeiler trägt eine Sandsteinplatte von 1 m Durchmesser. Das Zimmer wird, wie bereits oben erwähnt, weniger als Eichzimmer, denn als störungsfreier Raum für feinere Messungen verwendet, und ist deshalb auch nicht unterkellert. In einem Sammlungsschranke enthält es außer feineren Meßinstrumenten auch die Unternormalien für die Eichungen, Präzisionsinstrumente, die von den Assistenten unter Verschluß gehalten und nur zu Eichzwecken verwendet werden dürfen. Die Hauptnormalien des Instituts, mit denen die Unternormalien nachgeprüft werden, sind im Zimmer des Direktors aufbewahrt und werden von diesem persönlich unter Verschluß gehalten. Als solche dienen für Gleichtrom eine Kompensationseinrichtung und einige Kadmiumelemente der Weston-Gesellschaft, und eine Anzahl Normalwiderstände von O. Wolff. Diese Hauptnormalien sind von der Reichsanstalt geprüft und werden ihr von Zeit zu Zeit zur Kontrolle eingesandt. Als Hauptnormalien für Wechselstrom dienen vorläufig dynamometrische Voltmeter, Amperemeter und Wattmeter mit dazugehörigen Strom- und Spannungstransformatoren.

Die Zimmer der Assistenten und Doktoranden. Diese Zimmer haben außer je einem Doppelanschluß für Gas und Wasser je einen Anschluß an die Telephonanlage der Laboratorien, und mit je sechs Leitungen für 160 Amp auch einen Anschluß an die Starkstrom-Verteilungstafel des betreffenden Stockwerkes, also an das Stromverteilungssystem des ganzen Hauses erhalten. Zur Erleichterung von Installationen für besondere Zwecke dienen die Holzverkleidungen der Decke, an denen die Leitungen bequem befestigt werden können.

Die Werkstätten. Von den beiden Werkstatträumen dient der größere (34) dem Institutsmechaniker, einem gelernten Feinmechaniker, der kleinere (33) dem Institutsdiener, einem gelernten Schlosser und Installateur. Neben dem größeren Raume befindet sich ein Vorratsraum (35). Die Hauptwerkstatt enthält eine größere und eine kleinere Leitspindelbank, eine Mechaniker-Präzisionsdrehbank, eine Bohrmaschine und einen Schleifstein, alle außer der Präzisionsdrehbank durch Elektromotoren mit Zentratorkupplungen einzeln angetrieben. Vorhanden sind ferner eine Schmiede mit elektrisch getriebenem Gebläse, vier fest montierte Schraubstöcke und die nötigen Werkzeugschränke und -bretter. Die kleinere Werkstatt enthält außer einigen Materialschränken und Schraubstöcken eine elektrische Pauseinrichtung. Für den Institutsdiener ist ferner in einem Nebenraum (unterhalb der zu dem großen Hörsaal führenden Nebentreppe) eine Einrichtung zur Herstellung von Vernickelungen geschaffen worden.

Das Hochspannungslaboratorium. Mit der Einrichtung des Hochspannungslaboratoriums ist mit Rücksicht auf die rasche Entwicklung gerade dieses Zweiges der Technik noch bis jetzt gewartet worden. Vorhanden war bisher nur ein Transformator für 20 000 V. Die unten geschilderten Einrichtungen werden nach dem Entwurf des Instituts augenblicklich ausgeführt und werden in einigen Wochen vollendet sein. Der Kürze des Ausdrucks halber sollen sie im folgenden als fertig vorhanden beschrieben werden.

Das Hochspannungslaboratorium dient für Versuche sowohl mit hochgespanntem Gleichstrom wie mit hochgespanntem Wechselstrom. Zur Erzeugung des Gleichstromes sind vorhanden zwei Generatoren für 3000 V angetrieben durch je einen besonderen direkt gekuppelten Nebenschlußmotor. Diese beiden Aggregate sind an der Schmalseite des Saales am Fenster aufgestellt. Auf der entgegengesetzten Schmalseite stehen zur Erzeugung des hochgespannten Wechselstromes ein Einphasentransformator (I) der Westinghouse-Gesellschaft für 5 KVA bei einer Übersetzung von 160 auf 20 000 V, und ein Einphasentransformator (II) der Siemens & Halske A.-G. für 35 KVA dauernd und 50 KVA während 1 bis 2 Stunden bei einer Übersetzung von 220 auf 200 000 V; bei dem letzteren kann sowohl die primäre wie die sekundäre Wicklung in zwei Hälften in Reihe und parallel geschaltet werden, bei der Hochspannung sind 100 000 V gegen Erde zulässig. Für den Anschluß eines dritten Transformators ist die Schaltung fertig vorgesehen; dieser soll demnächst in Auftrag gegeben werden. Von der dem Korridor abgewandten östlichen Ecke des Hochspannungslaboratoriums führt das früher erwähnte 100000 V-Drehstromkabel als Steigleitung zum großen Hörsaal empor.

Zwischen den Hochspannungsquellen für Gleich- und Wechselstrom stehen Versuchstische und eine mit Regenvorrichtung versehene Wanne zur Prüfung von Isolatoren. Zur Herstellung von Kraftübertragungen können sowohl die Gleichstrommaschinen wie auch nach Beschaffung des dritten Transformators die Wechselstromtransformatoren miteinander durch entsprechende Leitungen verbunden werden. Die Gleichstrommaschine, welche dabei als Motor läuft, wird durch die Maschine belastet, von der sie sonst angetrieben wird, und die nun auf eine vorhandene Glühlampentafel als Dynamo arbeitet. Der sekundäre Wechselstromtransformator arbeitet auf einen aus wasserdurchflossenen Röhren bestehenden Widerstand.

Der Raum, in welchem mit Hochspannung gearbeitet wird, ist durch ein Gitter vollständig abgetrennt und enthält zwischen den Gleichstrommaschinen und den Versuchstischen noch eine Scheidewand. Der Teil, welcher die Gleichstrommaschinen enthält, ist durch eine einfache verschließbare Türe zugänglich, derjenige, in welchem die Wechselstromtransformatoren und die Versuchstische stehen, aber nur durch Türen erreichbar, welche beim Öffnen den primären Wechselstrom der Transformatoren selbsttätig unterbrechen. Eine dieser automatisch ausschaltenden Türen führt von den Gleichstrommaschinen aus zu den Experimentiertischen, die andere von dem Schaltplatz für den Wechselstrom zu den Transformatoren. Wird mit den Gleichstrommaschinen gearbeitet, und werden dabei die Experimentiertische benutzt, so können diese Tische also nur erreicht werden, wenn der Wechselstrom unterbrochen ist; werden Wechselstromversuche vorgenommen, so kann derjenige, der die Schaltung bedient, durch seine Türe in den gefährlichen Raum nur bei geöffnetem Strome eintreten.

Zur Speisung der Wechselstromtransformatoren ist der Maschinensatz M. G. II bestimmt, für Hochspannungsversuche im großen Hörsaal und als Reserve bei Versuchen im Hochspannungslaboratorium der Satz M. G. I. Die Schalt- und Regulieranlage ist in einem Schaltpult untergebracht, über das hinweg man den gesamten Hochspannungsraum überblicken kann.

Abb. 19 stellt den Schaltplan dar: Der Anschluß des gewählten Generators wird bewirkt durch den doppelpoligen Umschalter 1, die Verbindung mit den Transformatoren durch die Schalter 2, 3, 4, Reihen- und Parallelschaltung der Primärwicklungen von Transformator II wird erreicht durch Schalter 5 und der Anschluß des Belastungswiderstandes an die Transformatoren durch die Umschalter 2 und 3. Zur Messung der Primärströme dienen die Amperemeter 19, 20, 21 mit Maximalanschlag zur Betätigung des Hilfsrelais 10, auf dessen Schaltung unten näher eingegangen werden wird; für besondere Messungen sind die Unterbrechungsstellen 16 vorgesehen, bestehend aus kräftigen Klemmen mit abnehmbaren Verbindungsstücken zum Zwischenschalten besonderer Meßinstrumente oder sonstiger Apparate.

Von Maschinensatz II kann die Frequenz gemessen werden durch den Messer 26

und eingestellt werden durch den Regulierwiderstand 27, die Erregung kann geregelt werden durch Grob- und Feinwiderstand 28; alle drei Widerstände sind im Schaltpult fest installiert und über *B* an die Schalttafel von M. G. II anzuschließen (siehe S. 10, Abb. 7). Von M. G. I können Tourenzahl und Erregung geregelt werden durch transportable Widerstände, welche vorhanden sind, um von irgend einer Stelle des Hauses über *B* an Aggregat I angeschlossen zu werden (Abb. 6a). Da M. G. I für die Versuche im Hochspannungsraum nur als Reserve dient, genügt es, wenn die genannten Widerstände im Falle einer Benutzung besonders herbeigeholt werden; für Hochspannungsversuche im großen Hörsaal aber ist M. G. I von der Schalttafel des Hörsaales aus in der früher geschilderten Weise ohne weitere Schaltungen zu regulieren.

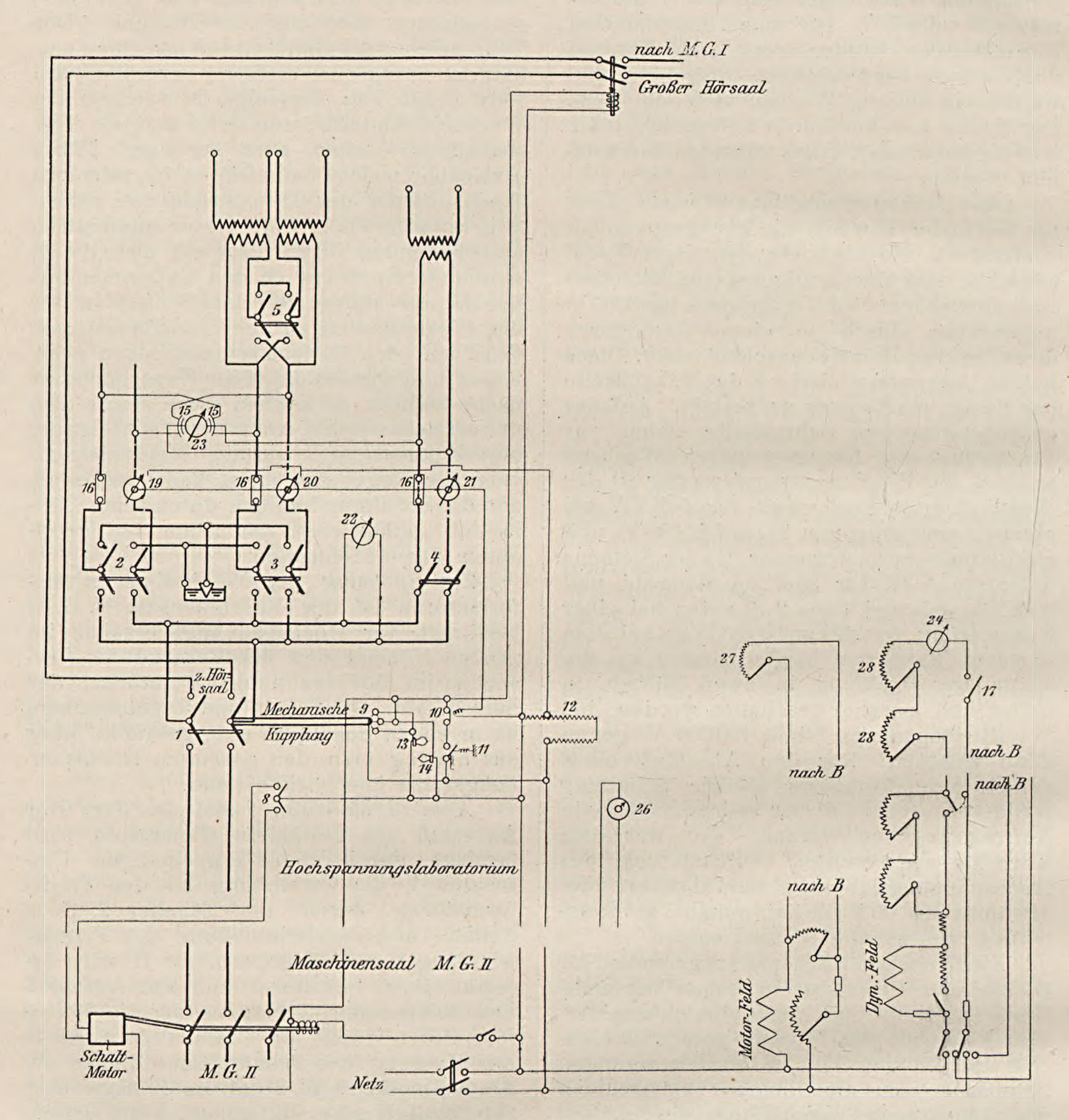


Abb. 19. Schaltplan des Hochspannungslaboratoriums.

Ein sicherer Schutz gegen die Gefahr der Hochspannung ist im vorliegenden

Falle besonders schwierig zu erreichen, weil zwei weit voneinander liegende Experimentierräume (im Hochspannungslaboratorium und im großen Hörsaal) zu schützen sind, und einer von ihnen zwei Eingänge hat, und weil zwei Generatoren die Ströme liefern, und einer davon sogar von zwei verschiedenen Stellen aus steuerbar ist. Eine gleichzeitige mechanische Verriegelung beider Türen im Hochspannungslaboratorium, etwa beim Schließen des Schalters 1, wäre wegen der Entfernung der beiden Türen zu verwickelt. Näher hätte es gelegen, an jeder der Türen einen sich selbsttätig mit ihnen öffnenden Ausschalter anzubringen und den Generatorstrom vor dem Eintritt in die Transformatoren durch diesen Schalter zu führen, aber auch dies hätte eine schwerfällige Konstruktion gegeben, weil bei voller Belastung der Transformatoren immerhin mit 230 Amp Primärstrom zu rechnen ist. Am einfachsten erschien daher die Verwendung von Relais mit Ruhestrom und die Unterbrechung der Relaisströme durch die Türen. Bei der heutigen konstruktiven Durchbildung der Relaisschalter erscheinen diese auch für den vorliegenden Zweck betriebssicher genug, wird ja doch die Sicherheit ganzer Eisenbahnzüge dem zuverlässigen Arbeiten von Relais anvertraut. Einen Relaisschalter an Stelle von 1 zu verwenden, erscheint allerdings als ein überflüssiger Aufwand, weil an der Schaltwand von M. G. II schon ein Ölschalter mit Spannungsauslöser für andere Zwecke vorhanden ist, der auch für den vorliegenden Zweck mitbenutzt werden kann, und weil zur primären Speisung der Transformatoren durch M. G. I vom Hörsaal aus dort ebenfalls ein Ölschalter aufgestellt werden mußte, und es zweckmäßig erschien, diesen mit einem Spannungsauslöser zu verbinden, damit eine Unterbrechung des Primärstromes durch Öffnen einer der Türen im Hochspannungslaboratorium auch den Hörsaalschalter zur Auslösung bringt und die Störung während des Vortrages sogleich wahrnehmbar macht. Die mit Ruhestrom arbeitenden Relais der Ölschalter für M. G. I und für M. G. II sind also parallel geschaltet, und beide Ströme sind zusammen durch die Türschalter 11 geführt. Schalter 1 ist nur ein gewöhnlicher Gleichstromschalter, der von dem unten noch zu erwähnenden Schalter 8 des Schaltmotors in der Art abhängig gemacht ist, daß er nicht unter Strom ausgeschaltet werden kann. In Reihe mit den Türschaltern ist auch das Zwischenrelais 10 für die Amperemeter 19, 20, 21 gelegt, so daß auch bei zu großer Stromstärke in diesen Instrumenten die primären Ströme der Transformatoren unterbrochen werden. Die genannten Einrichtungen geben völlige Sicherheit bis auf den Fall, daß jemand den gefährlichen Raum betritt, dadurch die Ölschalter öffnet, und daß diese nun im Maschinen- oder Hörsaal sogleich wieder eingeschaltet werden. Wenn diese Einschaltung wenigstens für einen Moment möglich ist, bis die Relais wieder ausschalten, so besteht in diesem Moment eine Gefahr für den Eingetretenen. Um auch diese zu vermeiden, ist der Ölschalter des Hörsaales mit einer Sperrung versehen, die eingreift, wenn das Relais spannungslos wird und erst durch den Relaisstrom freigegeben wird. Der Schalter 8, welcher den Schaltmotor für M. G. II betätigt, liegt mit dem Schaltmotor zusammen parallel mit dem Relais, und der Schaltmotorstrom wird daher ebenfalls durch 11 unterbrochen. M. G. II kann also bei geschlossenem Schalter 1 überhaupt nur Wechselstrom für irgend einen Verwendungszweck liefern, wenn die Türen im Hochspannungsraum geschlossen sind.

Die geschilderte Sicherheit wird freilich nur gegeben, wenn die Relaisschalter als solche nicht versagen. Um auch für diesen Fall die Gefahren möglichst zu beseitigen, dienen die Lampen 13, welche durch den mit 1 gekuppelten Schalter 9 eingeschaltet werden und an den beiden Türen im Hochspannungslaboratorium neben einem Warnungsschilde angebracht sind, welches darauf aufmerksam macht, daß der Raum beim Brennen der Lampen nicht betreten werden darf. Die am Schaltpult angebrachte Lampe 14 brennt immer, wenn das dauernd mit dem Hochspannungslaboratorium verbundene Aggregat M. G. II überhaupt erregt ist, und es wird dem Unterpersonal die Vorschrift gegeben, Reinigungsarbeiten und dergleichen sofort einzustellen, wenn diese Lampe brennt. Bei geöffneten Schaltern 1 und 9 sind die Türkontakte kurz geschlossen. Hierbei ist also ein Betrieb von M.-G. I und M.-G. II auch bei geöffneten Türen möglich, was erwünscht ist, damit der sonstige Betrieb dieser Maschinen nicht unnütz erschwert wird. Das Voltmeter 22 ist so aufgestellt, daß es von den Türen aus sichtbar ist, und gestattet dem Kundigen vor der Ausführung von Schaltungen im Hochspannungskreise beim Eintritt in den gefährlichen Raum sich noch durch einen Blick davon zu überzeu-

gen, ob keine Primärspannung an den Transformatoren vorhanden ist.

M. G. I, das, wie oben gesagt, im Hochspannungslaboratorium als Reserve für M. G. II dient, aber im Hörsaal für Hochspannungsversuche benutzt wird, ist nicht dauernd angeschlossen, es bedarf vielmehr erst einer Verbindung vom Experimentiertische des Hörsaales aus nach dem erwähnten Ölschalter dieses Saales. Die dazu nötige Verbindungsleitung ist an einem Gitter so befestigt, daß zur Herstellung der gewünschten Verbindung erst das Gitter aufgestellt werden muß, das den Versuchsraum absperrt. Daß dies auch nötig ist, wenn keine Hochspannungsversuche im Hörsaale selbst gemacht werden, und M. G. I nur als Reserve bei Versuchen im Hochspannungslaboratorium herangezogen wird, braucht nicht als umständlich gescheut zu werden, da dieser Fall nur bei einer Beschädigung von M. G. II eintritt, und dann die im Hörsaal Verkehrenden gegen die am Hochspannungskabel möglichen Spannungen unter allen Umständen geschützt werden müssen.

Zusammenfassung.

Das Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule zu Danzig wird eingehend beschrieben, und es wird dabei in besonderen Abschnitten nacheinander über die Kraftversorgung, die Gebäude- und Raumeinteilung, die Stromquellen, die Stromverteilung und die speziellen Einrichtungen der einzelnen Räume gesprochen. Besonders eingehend werden dabei behandelt die Anordnungen, welche es ermöglichen, die im Maschinensaale stehenden Hauptstromquellen von anderen Verwendungsstellen aus anzulassen und zu regulieren, und welche vor allem im großen Hörsaale ohne besondere Schaltung sofort alle in Betracht kommenden Spannungen von Gleichstrom und Drehstrom verfügbar machen. Ausführlich beschrieben werden auch der Aufbau der Experimente im großen Hörsaale und der Transport und die Unterbringung der Apparate im Sammlungsraume und ferner die nach besonderen Grundsätzen entworfenen Schalttafeln für die Messungen im Maschinensaal. Bei der Darstellung der Hörsaaleinrichtungen werden Angaben gemacht über die im Institut für Vorführungen gebauten Apparate. Den Schluß bildet eine Schilderung der besonderen Einrichtungen und Sicherheitsmaßregeln des Hochspannungsraumes.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

